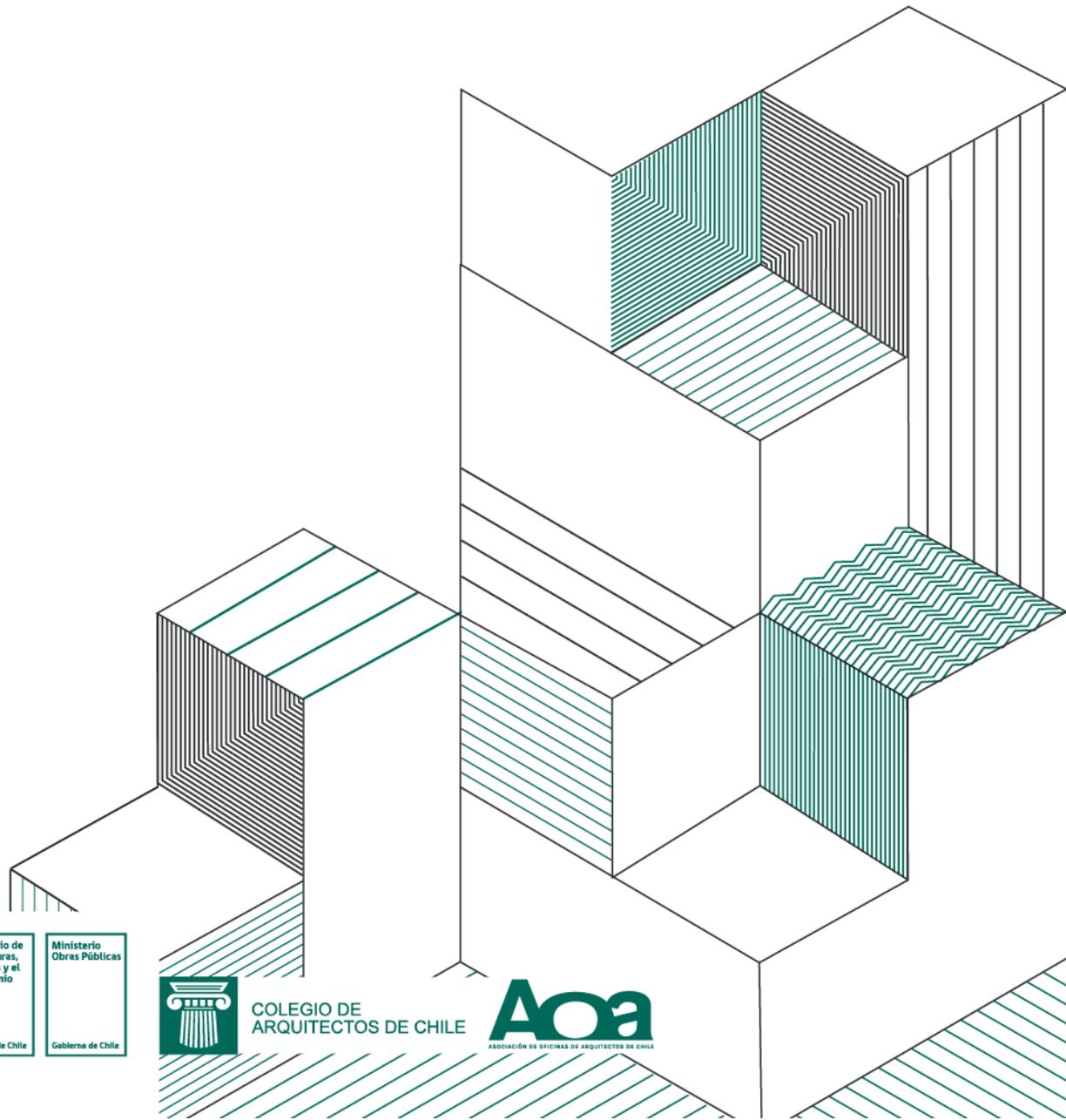


# ANEXO VIII. ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELO



Gobierno de Chile  
gob.cl



Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio  
Gobierno de Chile



Ministerio Obras Públicas  
Gobierno de Chile



COLEGIO DE ARQUITECTOS DE CHILE



1. INFORME DE ESTUDIO SÍSMICO

2. INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Laboratorio Oficial de Control Técnico de Calidad de Construcción, según Resolución Exenta

ESTUDIOS BASE Y CABIDA VALDIVIA SNPC  
PROYECTO NUEVA BIBLIOTECA VALDIVIA  
COMUNA DE VALDIVIA – REGIÓN DE LOS RÍOS

Autor: Tándem Limitada

Mandante: Unidad de Proyectos de Inversión, SNPC

---

INFORME CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA  
ESTUDIOS BASE Y CABIDA VALDIVIA SNPC  
PROYECTO NUEVA BIBLIOTECA VALDIVIA

OBRA	ESTUDIOS BASE Y CABIDA VALDIVIA SNPC.			
UBICACIÓN	RAMÓN PICARTE, COMUNA DE VALDIVIA, REGIÓN DE LOS RÍOS.			
CLIENTE	FRANCISCO PRADO.			
MANDANTE	TANDEM LTDA.			
INFORME	FECHA	VERSIÓN	PREPARO	REVISO
ENTREGA PRELIMINAR	11/08/2021	1	FRB	DRC

---

## ÍNDICE GENERAL.

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>5</b>
1.1	ALCANCES. ....	5
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE PROSPECCIONES.</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>GEOLOGÍA</b> .....	<b>9</b>
3.1	Marco Geológico .....	9
3.2	Marco Geomorfológico .....	12
3.3	Marco Geológico Estructural. ....	13
3.4	Peligros Geológicos .....	13
3.5	Peligro Volcánico.....	16
3.6	Características Geotécnicas Básicas y Respuesta Sísmica.....	17
<b>4</b>	<b>ENSAYOS DE LABORATORIO.</b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA</b> .....	<b>22</b>
5.1	Situación Napa Freática .....	29
5.2	Infiltración del suelo.....	29
5.3.	Ensayos especiales asociados a calicatas. ....	32
5.4	Estratigrafía Sondaje y SPT .....	37
5.5.	Ensayos básicos asociados a sondaje. ....	40
<b>6</b>	<b>GEOFÍSICA</b> .....	<b>44</b>
6.1	Resultados. ....	45
6.2	Análisis de resultados. ....	47
6.3	Análisis de Licuación.....	47
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES.</b> .....	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>56</b>

## ÍNDICE TABLAS.

---

---

Tabla 1: Detalle exploración Sondaje. ....	7
Tabla 2: Detalle exploración Calicatas. ....	7
Tabla 3: Coordenadas perfiles y fuentes activas. ....	8
Tabla 4: Extensión Unidad U1 en perfiles 1 y 2. ....	23
Tabla 5: Extensión Unidad U2 en perfiles 1 y 2. ....	23
Tabla 6: Extensión Unidad U3 en perfil 1. ....	24
Tabla 7: Extensión Unidad U4 en perfiles 1 y 2. ....	24
Tabla 8: Extensión Unidad U5 en perfil 1. ....	24
Tabla 9: Detalle nivel freático P-1 a P-6. ....	29
Tabla 10: Resumen resultados Infiltración Porchet. ....	29
Tabla 11: Clasificación de la permeabilidad según la infiltración. ....	30
Tabla 12: Resumen de resultados en prospecciones tipo calicatas. ....	31
Tabla 13: Resumen de resultados densidades In Situ. ....	32
Tabla 14: Resumen muestras ensayos corte directo P-2, P-3. ....	33
Tabla 15: Resumen parámetros de corte del suelo muestras. ....	35
Tabla 16: Obtención del módulo edométrico P-5 para cada tramo de carga. ....	36
Tabla 17: Obtención del módulo edométrico P-5 para cada tramo de descarga. ....	37
Tabla 18: Resumen de resultados, S1. ....	43
Tabla 19: Obtención de Vs30 para el arreglo 1. ....	45
Tabla 20: Obtención de Vs30 para el arreglo 2. ....	45
Tabla 21: Análisis preliminar de licuación de suelos. ....	52

#### ÍNDICE DE IMAGENES.

Imagen 1: Emplazamiento del proyecto. ....	5
Imagen 2: Ubicación prospecciones. ....	6
Imagen 3: Ubicación arreglos 1 y 2. ....	8
Imagen 4: Mapa geológico Simplificado. Extraído de Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Valdivia (Base Geológica) 1:100.000, SERNAGEOMIN (2005). ....	11
Imagen 5: Mapa Peligros Geológicos y Problemas para Obras Civiles Simplificado. Extraído de Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Valdivia (Base Geológica) 1:100.000, SERNAGEOMIN (2005). ....	15
Imagen 6: Mapa de los arcos continentales de los Andes y las estructuras subducidas que afectan el vulcanismo. ....	16

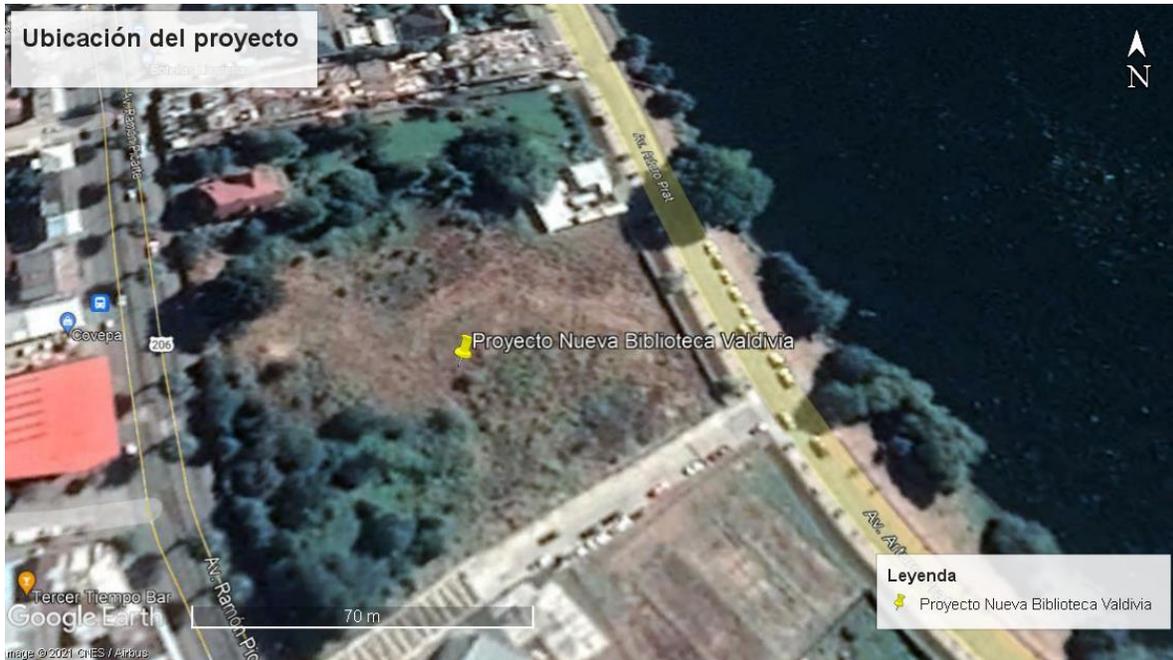
---

Imagen 7: Mapa Aptitud de los Suelos para la Construcción Simplificado. Extraído de Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Valdivia 1:100.000, SERNAGEOMIN (2005). .....	19
Imagen 8: Mapa Respuesta Sísmica (Amplificación) Simplificado. Extraído de Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Valdivia 1:100.000, SERNAGEOMIN (2005). .....	21
Imagen 9: Estratigrafía por calicata, Biblioteca Valdivia. ....	25
Imagen 10: Emplazamiento perfiles estratigráficos. ....	26
Imagen 11: Perfil estratigráfico, Perfil 1. ....	27
Imagen 12: Perfil estratigráfico, Perfil 2. ....	28
Imagen 13: Resultados CD Muestra 4719. ....	34
Imagen 14: Resultados CD Muestra 4720. ....	34
Imagen 15: Curva de compresibilidad P-5. ....	36
Imagen 16: Perfil estratigráfico, S1. ....	38
Imagen 17: Resultado SPT, S1. ....	39
Imagen 18: Curva granulométrica para cada horizonte de S1. ....	40
Imagen 19: % de finos bajo malla N° 200, S1. ....	41
Imagen 20: IP %, S1. ....	42
Imagen 21: Ubicación arreglos 1 y 2. ....	44
Imagen 22: Perfiles de velocidad de onda de corte en profundidad. ....	46

---

## 1 INTRODUCCIÓN.

El presente informe aborda la caracterización geotécnica del sector donde se emplazará el proyecto “Estudio Base y Cabida Valdivia SNPC” en la Comuna de Valdivia, región de los Ríos. La empresa TANDEM LTDA., solicitó la realización y análisis de distintos ensayos realizados en campo y en laboratorio, tales como, **corte directo, CNC, SPT, granulometría, consolidación, geofísica**, entre otros.



**Imagen 1: Emplazamiento del proyecto.**

### 1.1 ALCANCES.

El estudio determina las propiedades geotécnicas del suelo explorado a través de la primera campaña, con las cuales se puede definir el comportamiento frente a distintas sollicitaciones a las que se verá expuesto.

La caracterización geotécnica se basa en los puntos prospectados en la zona del emplazamiento del proyecto en estudio, en la fecha actual, junto con la homologación de los antecedentes entregados en la geología, la cual se puede visualizar en este informe.

No se contempla el diseño de elementos de fundación tanto en geometría como en los materiales constructivos, junto con eventuales modificaciones que pueda presentar el proyecto original.

## 2 DESCRIPCIÓN DE PROSPECCIONES.

Para realizar la caracterización geotécnica se solicitó realizar 6 calicatas, 1 sondaje, ver Imagen 1, medición de ondas sísmicas a través del método ReMi, granulometría (clasificación), entre otros.

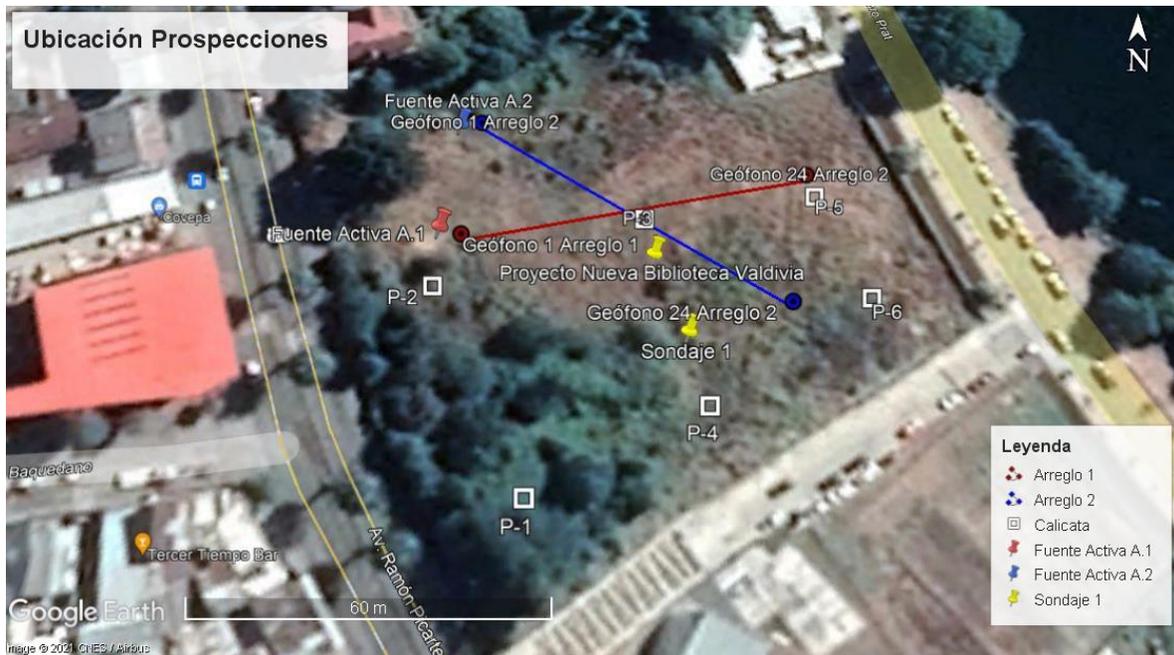


Imagen 2: Ubicación prospecciones.

En tabla siguiente se detallan aspectos relevantes de ejecución de Sondajes.

**Tabla 1: Detalle exploración Sondaje.**

Sondaje	Profundidad (m)	Fecha de ejecución	Profundidad NF (m)	Coordenadas UTM WGS84 18H	
				Este	Norte
S-1	30	08-07-2021 al 12-07-2021	1,00	651.643	5.590.429

ND = no se detecta, NF = nivel freático

En tabla siguiente se detallan aspectos relevantes de ejecución de calicatas.

**Tabla 2: Detalle exploración Calicatas.**

Calicata	Coordenadas UTM			Profundidad (m)	Nivel Napa (m)	Fecha Exploración
	Huso	Coord. Norte	Coord. Este			
P-1	18H	5.590.399	651.614	4.00	3.80	13-07-2021
P-2	18H	5.590.439	651.596	3.00	1.20	13-07-2021
P-3	18H	5.590.454	651.636	2.00	0.20	13-07-2021
P-4	18H	5.590.416	651.647	1.80	0.40	13-07-2021
P-5	18H	5.590.460	651.670	1.80	0.30	13-07-2021
P-6	18H	5.590.438	651.679	1.80	1.40	13-07-2021

Adicional a esto se ejecutan 1 perfil sísmicos conformados por dos arreglos lineales aproximadamente ortogonales entre sí, de 24 geófonos cada uno espaciados a 3.0m logrando un largo de 69m.

En la siguiente Imagen se puede visualizar el emplazamiento de dichos perfiles.



**Imagen 3: Ubicación arreglos 1 y 2.**

A continuación, se detallan las coordenadas de dichos arreglos.

**Tabla 3: Coordenadas perfiles y fuentes activas.**

Coordenadas UTM WGS 84 H18				
Ubicación Geófonos		Fuente Activa	Geófono 1	Geófono 24
<b>Arreglo 1</b>	Este	651596	651601	651669
	Norte	5590450	5590450	5590465
	Cota (m.s.n.m)	8	6	9
	Separación geofónica cada 3 metros			
Ubicación Geófonos		Fuente Activa	Geófono 1	Geófono 24
<b>Arreglo 2</b>	Este	651599	651604	651664
	Norte	5590473	5590475	5590437
	Cota (m.s.n.m)	5	6	4
	Separación geofónica cada 3 metros			

---

## 3 GEOLOGÍA

### 3.1 Marco Geológico

La geología de Valdivia incluye depósitos cuaternarios de origen glacial, estuarino, fluvial y litoral, sedimentitas marinas y continentales del Mioceno, rocas intrusivas del Cretácico y metamorfitas del Paleozoico-Triásico. La historia geológica de esta zona se caracteriza por una fuerte influencia tectónica con numerosos subsidencias y alzamientos del terreno a los que se asocian sucesivas regresiones y transgresiones marinas.

El Holoceno está representado por depósitos litorales, arenas y gravas no consolidadas de composición principalmente volcánica, y depósitos fluviales y fluvio-estuarinos no consolidados, compuestos por grava y arena gruesa con proporción variable de material fino y materia orgánica, los que componen las terrazas más bajas de los actuales cauces de los ríos de la zona. El espesor de estos depósitos es variable, alcanzando hasta aproximadamente 30-35 m.

El Pleistoceno está representado por sedimentos glaciofluviales de la Glaciación Llanquihue correspondientes a gravas y arenas que se distribuyen en el noreste del área de estudio, y que conforman terrazas de alturas entre 10 y 15 m. Estos sedimentos sobreyacen a depósitos fluvio-estuarinos de la última etapa interglacial, conformados por gravas finas, arenas, limos y arcillas, moderada a débilmente compactadas, incluyendo a los estratos conocidos localmente como cancagua. Arenas, gravas finas, arenas limo- arcillosas, limos y arcillas, moderada a débilmente consolidadas que se observan en la costa y en el área de Pelchuquín-San José de La Mariquina y en los alrededores de Valdivia. Los fragmentos corresponden, principalmente, a rocas volcánicas, rocas intrusivas, cuarzo, magnetita y pómez redondeadas y meteorizadas a arcillas. Se ha sugerido que, durante el período de sedimentación de estos depósitos, confluían en los sectores de Pelchuquín y Valdivia diversos ríos, probablemente similares a los actuales Calle-Calle y Cruces, depositando material volcánico transportado desde la zona andina en forma de flujos densos y rápidos, o flujos hiperconcentrados. Estos se habrían depositado en forma alternada con otros propios de ambientes de baja energía. Sedimentos glaciofluviales de la Glaciación Santa María correspondientes a gravas y arenas gruesas que conforman una topografía plana en los alrededores de San José de la Mariquina y al este de la ciudad de Valdivia, infrayacen a la unidad anterior. Se ha detectado también su presencia en el subsuelo de esta ciudad, a una profundidad de 65 a 70 m bajo la superficie. La Glaciación Río Llico está representada por remanentes discontinuos de sedimentos morrénicos, correspondientes a gravas y arenas gruesas polimícticas que se observan al norte de la ciudad de Valdivia, donde sobreyacen a unidades miocenas.

---

Las rocas metamórficas se han integrado en el Complejo Metamórfico Bahía Mansa correspondiente a esquistos pelíticos a semipelíticos con menor cantidad de metareniscas, intercalaciones de esquistos cloríticos y escasos cuerpos de rocas ultramáficas tectónicamente emplazadas. Las relaciones estratigráficas originales entre ellas están completamente destruidas y localmente se observan contactos miloníticos. Se han verificado al menos dos episodios de sedimentación y similar número de eventos de deformación y metamorfismo. Las rocas intrusivas corresponden a la Granodiorita Chaihuín, la Granodiorita Oncol, la Dacita Laurel y la Dacita Ramón. Dada la proximidad de estas últimas a los cuerpos cretácicos existentes en el área, se les atribuye la misma edad. En general estos cuerpos intrusivos presentan una fuerte alteración, principalmente argílica.

Las depresiones morfológicas actuales localizadas en el área de Valdivia tienen su origen en el Terciario, donde se generaron cuencas sedimentarias como resultado de procesos tectónicos, principalmente de tipo extensional, asociados a variaciones en la velocidad de convergencia y ángulo de subducción de las placas Nazca y Sudamericana.

# Mapa Geológico Simplificado

Región de Los Ríos

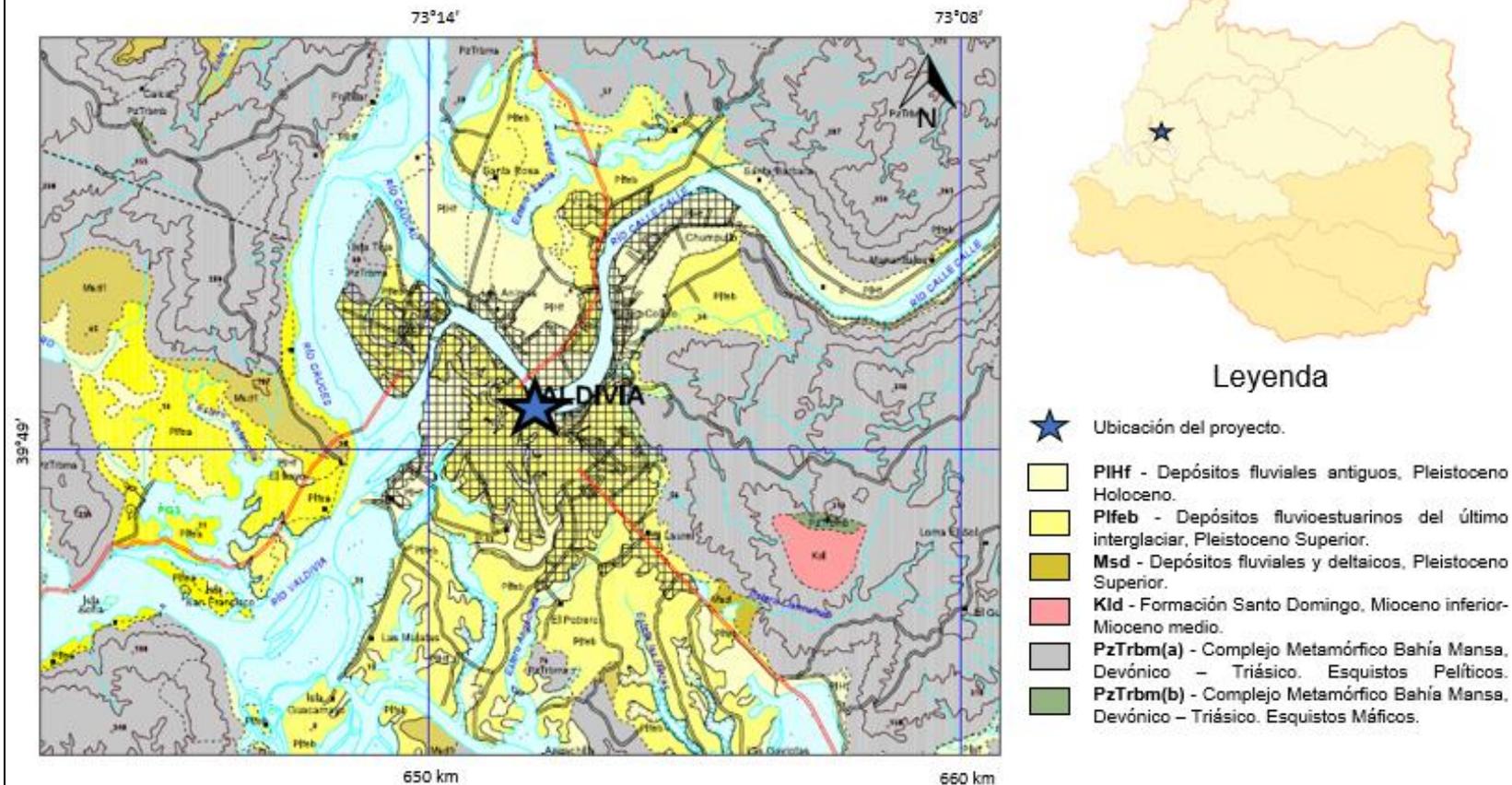


Imagen 4: Mapa geológico Simplificado. Extraído de Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Valdivia (Base Geológica) 1:100.000, SERNAGEOMIN (2005).

---

### 3.2 Marco Geomorfológico

La geomorfología regional de Los Ríos está caracterizada por 4 secciones principales, encontrándose la ciudad de Valdivia en la Llanura de sedimentación Fluvial, zona que conecta el Llano central (Depresión intermedia), con el mar, cruzando la Cordillera de La Costa. A continuación, se describen los 4 segmentos principales de la Región:

- Cordillera de Los Andes: Se vincula con una apariencia tradicional en la forma de entender esta franja del relieve en el sur de Chile: baja altitud, con pendientes suaves, y fuerte presencia de una actividad volcánica en reposo. Las mayores alturas que encontramos corresponden a los volcanes Choshuenco, a 2.415 msnm y Puyehue, con 2.240 m.
- Depresión Intermedia: Es en esta región donde recobra su característica de valle longitudinal, luego de haber sido interrumpido al norte de Valdivia por el cordón transversal que les quita a los valles su continuidad. Sus suelos están formados por el acarreo glacial y fluvial con deposición de gran cantidad de sedimentos. Una de sus mayores características es que se encuentra cortada por numerosos lagos de una belleza paisajística enorme y de gran interés para los visitantes.
- Producto de una antigua actividad conjunta de volcanes y glaciares, se produjeron obstrucciones de algunos de los cursos de agua que nacen en la cordillera, lo que dio origen a numerosos lagos, tales como: Calafquén, Panguipulli, Pirihueico, Riñihue, Ranco y Maihue.
- Cordillera de la Costa: La Cordillera de la Costa se presenta baja y ondulada, recibiendo el nombre de cordillera de Mahuidanche, descendiendo en altura hacia el sur hasta ser interrumpida por el río Valdivia. Desde aquí al sur, y proyectándose a la región de Los Lagos, la cordillera recibe diversas denominaciones, presentándose un poco más robusta, lo cual va a ejercer un importante efecto de biombo climático sobre las localidades de la depresión intermedia.
- Planicies litorales: Se caracterizan por ser angostas y poco desarrolladas, debido a la presencia de la cordillera costera, aun así, se hace posible la formación de pequeñas caletas ocupadas por pescadores y mariscadores. Este rasgo sólo se ve interrumpido por la desembocadura y estuario del río Valdivia, lugar que fue modificado en su constitución morfológica y estructural por el terremoto del año 1960.

---

### **3.3 Marco Geológico Estructural.**

La segmentación estructural del territorio, con la delimitación de bloques alzados y superficies deprimidas, es uno de los rasgos característicos identificados dentro del área de estudio. Se puede reconocer deformación al estado dúctil a frágil-dúctil, que se ha registrado en el conjunto de rocas metamórficas del CMBM, mientras que deformación frágil se sobrepone a la anterior y, además, afecta a las unidades sedimentarias y volcanosedimentarias terciarias que le sobreyacen. Es notable la existencia de un relieve positivo que expone rocas metamórficas del CMBM e interrumpe la continuidad de la Depresión Intermedia. Este alto estructural transversal con relación a las cordilleras de la Costa y Principal, denominado Dorsal de Loncoche, prolonga los afloramientos de rocas metamórficas hacia el dominio de la Cordillera Principal. También dentro de las rocas metamórficas, en el área oriental de la Cordillera de la Costa y la Dorsal de Lonconche se han reconocido algunas fallas inversas de orientación NNE-SSO y NNO-SSE, con manteo al oeste, interpretadas como resultado de eventos propios del proceso de deformación principal y metamorfismo de estas rocas en facies esquistos verdes y serían las que controlarían los contactos entre rocas metapelíticas y metavolcánicas.

Algunas fallas extensionales de orientación NNE-SSO y NO-SE se han trazado en la ribera sur del río Angachilla y al norte del río Callecalle, respectivamente, controlando los afloramientos de rocas terciarias. En el yacimiento carbonífero Mulpún, al sur de Máfil, se ha descrito un sistema de estructuras normales de rumbo general N-S a NNE-SSO y manteo entre 50 y 75°, principalmente al oeste, que afecta a las rocas terciarias, las que interpreta como fracturas de extensión paralelas al eje de acortamiento principal, dentro de una zona de cizalle dextral de rumbo NO-SE. Estructuras frágiles, tipo fallas normales, habrían afectado a las rocas basamentales, y habrían sido las responsables del origen del sistema de cuencas, mejor desarrolladas hacia el Valle Central, durante el Oligoceno Superior-Mioceno Inferior.

### **3.4 Peligros Geológicos**

Los principales peligros reconocidos en el área de Valdivia son las inundaciones, los procesos de remoción en masa y los peligros asociados a movimientos sísmicos. Los tipos de remociones en masa presentes en el área de Valdivia corresponden, principalmente, a caída de roca y deslizamientos de suelo y roca. En algunos lugares se pudo identificar flujos de detritos asociados a ruptura de represas ocasionadas por obstrucción de alcantarillas de desagüe. El grado de peligrosidad se definió sobre la base del número de remociones identificadas y la pendiente de la ladera. Se clasificaron en inundaciones asociadas a desborde de cauces, saturación de suelos, tsunamis y subsidencia tectónica. Esta última escapa a la definición formal de inundación ya que, en este caso, son los terrenos los que descendieron a un nivel por debajo de las aguas de

---

los ríos. Ya que las inundaciones por desborde de cauces son las de mayor importancia dadas las consecuencias directas en el normal desarrollo de las actividades de la ciudad y por su frecuente ocurrencia, se realizó un estudio para determinar la recurrencia y causas de estos eventos en la ciudad de Valdivia utilizando datos pluviométricos y de caudal de toda la cuenca. Desde 1560, se conoce la ocurrencia de 4 grandes terremotos que han afectado a la zona centro y sur de Chile, y que han generado ondas de tsunami en la bahía de Corral y la costa del área de Valdivia: el terremoto del 16 de diciembre de 1575, de similares características al de mayo de 1960, el del 8 de julio de 1730, el 7 de noviembre de 1837, y el gran terremoto del sur de Chile del 22 de mayo de 1960. Este último provocó la destrucción total de la infraestructura y edificios en los terrenos con cotas inferiores a 10 m s.n.m.

# Mapa Simplificado Peligros Geológicos y Problemas Para Obras Civiles

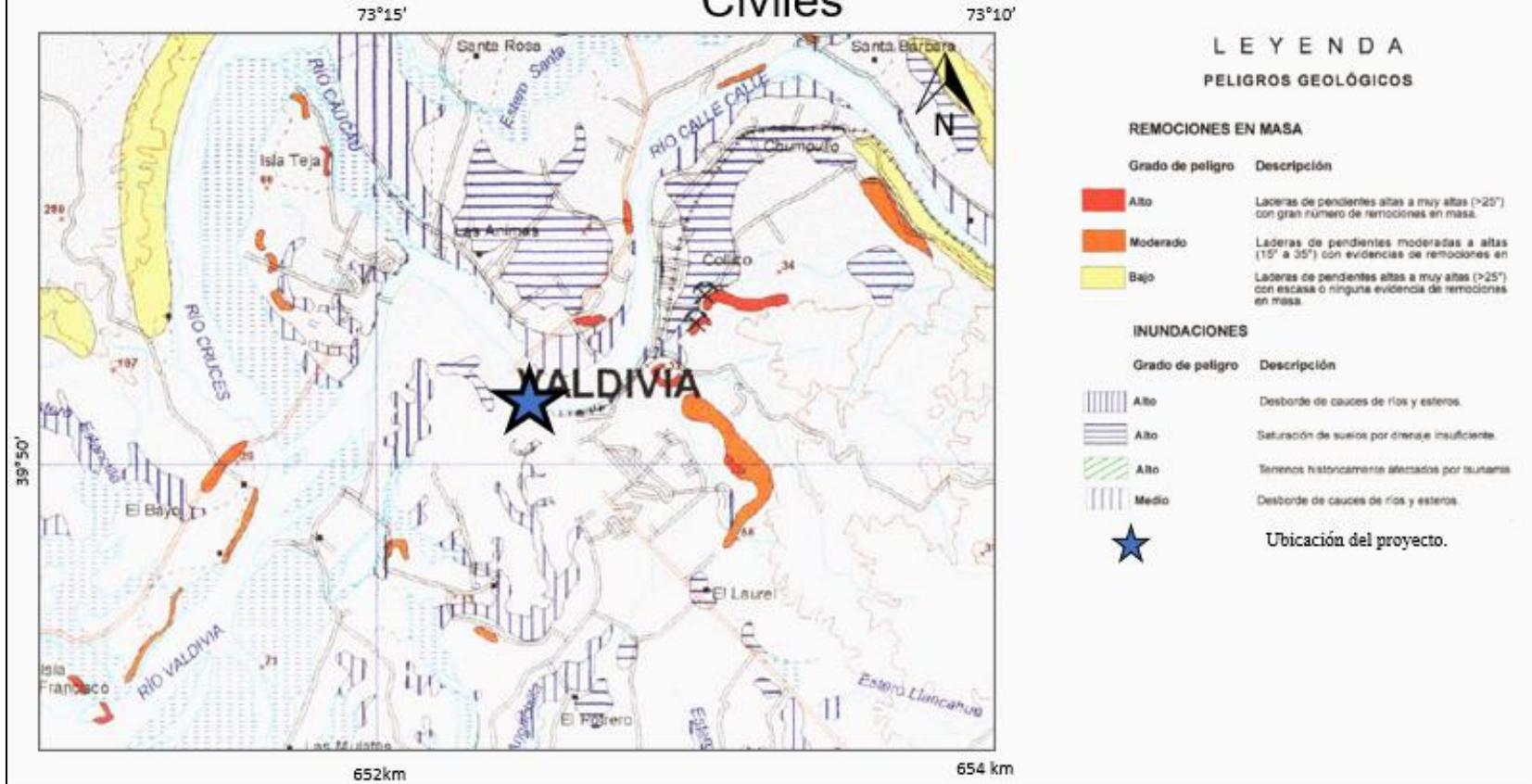


Imagen 5: Mapa Peligros Geológicos y Problemas para Obras Civiles Simplificado. Extraído de Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Valdivia (Base Geológica) 1:100.000, SERNAGEOMIN (2005).

### 3.5 Peligro Volcánico.

Si bien el área de estudio se encuentra alejada de la zona volcánica sur (ZVS), es posible que se vea afectada por la actividad volcánica cercana. La ZVS empieza en el volcán Tupungatito (Región Metropolitana) y Volcán Hudson (Región de Aysen), la cual limita al norte con el segmento de subducción de bajo ángulo, que ha sido atribuida a la subducción que rige de Juan Fernández (Stern, 2004), mientras que, al sur con la subducción de Chile, donde se juntan 3 placas (Nazca, Antártica y Sudamericana).

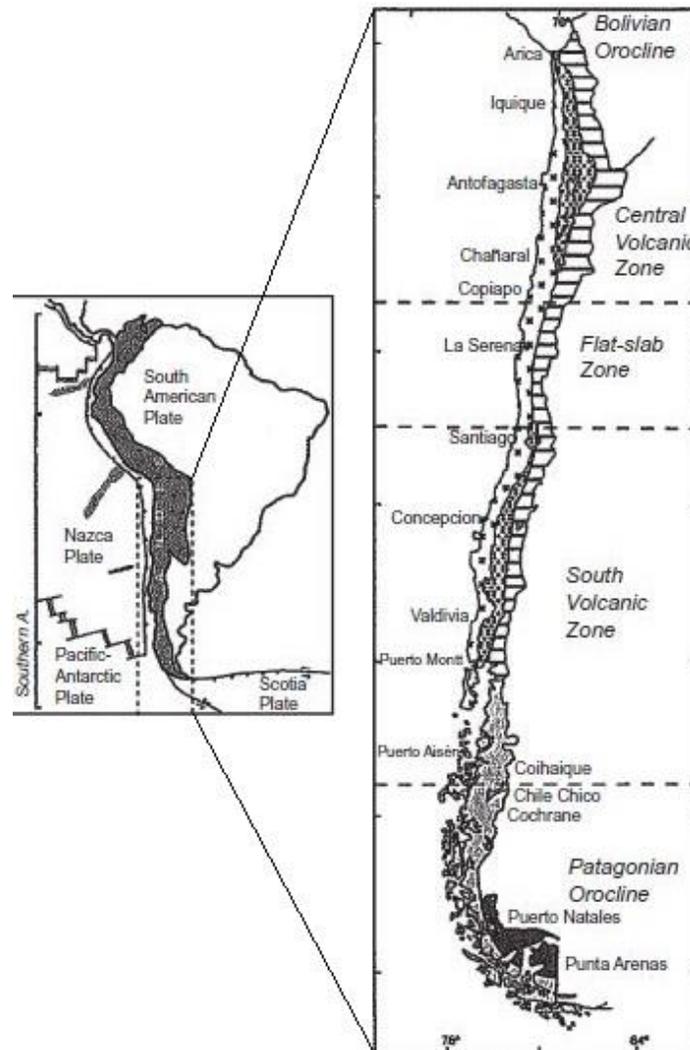


Imagen 6: Mapa de los arcos continentales de los Andes y las estructuras subducidas que afectan el vulcanismo.

---

Los volcanes más cercanos a la zona de emplazamiento del proyecto pero que no contribuyen peligro alguno a la obra son:

- Volcán Villarrica
- Volcán Mocho-Choshuenco
- Volcán Puyehue
- Volcán Quetrupillán

### **3.6 Características Geotécnicas Básicas y Respuesta Sísmica.**

La información proporcionada por SERNAGEOMIN corresponde a las características geológicas y geotécnicas básicas de la ciudad de Valdivia según las diferentes unidades de suelo. La mayoría de los parámetros estudiados, se obtuvieron bajo diferentes trabajos relativos al tema, entre ellos los de Barozi y Lamke (El Suelo de Fundación de Valdivia, 1966), IDIEM (1978) y Montecinos (1980).

La ciudad de Valdivia se emplaza, principalmente, sobre las planicies conformadas por sedimentos fluvio-estuarinos del último periodo interglacial, con cotas superiores a 8 m s.n.m., y sobre las llanuras de inundación de los ríos Calle-Calle, Cruces y Valdivia. Estas últimas, con cotas generalmente inferiores a 5 m s.n.m., están conformadas por depósitos fluviales y estuarinos. Estos sedimentos, principalmente limos, arcillas y arenas finas, poseen alto contenido de humedad, llegando a estar totalmente saturados en algunos casos. La permeabilidad varía de baja a moderada presentando, en general, alta compresibilidad, baja consistencia y alta plasticidad. Esta unidad se separó en dos subunidades sobre la base de la existencia y continuidad de una capa de arenisca limosa moderadamente cementada, conocida localmente como cancagua. Esta se presenta como uno o más estratos, de continuidad variable y de 0,5 a 2 m de espesor. En general, la secuencia presenta un moderado a alto contenido de agua. Los limos de la parte superior de esta unidad son de plasticidad variable, altamente compresibles y baja consistencia. Estos valores reflejan el comportamiento diferencial de las distintas unidades de suelo frente a un sismo. Durante el terremoto de mayo de 1960 los suelos de las zonas más bajas amplificaron mucho más las aceleraciones que los suelos de las zonas más altas de la ciudad de Valdivia. En dicho estudio se estableció una diferencia de hasta dos unidades en los incrementos de intensidad entre estas áreas. Esto se debe a la litología de las zonas bajas, correspondiente a limos, arcillas y arenas, y al grado de saturación de estos suelos, donde el nivel freático es casi superficial. La presencia de uno o más niveles de arena limosa moderadamente cementada en los sedimentos fluvio-estuarinos del último período interglacial, explicaría la mejor respuesta de las zonas altas.

---

En la zona de estudio, está abordado como un sistema con aptitud Buena a Regular. Esta característica tiene problemas asociados a la capacidad de carga de la arena limosa cementada limitada. Sobrecarga de los estratos superiores puede causar subsidencias. Se pueden producir deslizamientos en laderas y taludes de pendientes fuertes, debido a falta de confinamiento. Las recomendaciones específicas van de Arenas moderadamente cementada, apta para edificios de hasta aproximadamente 4 pisos, a evitar perforar con pilotes este estrato. Recomendaciones generales, son los rellenos para edificios. Estos rellenos corresponden a medidas generales básicas, principalmente para evitar asentamientos de las estructuras construidas.

## Mapa Simplificado Aptitudes de los Suelos

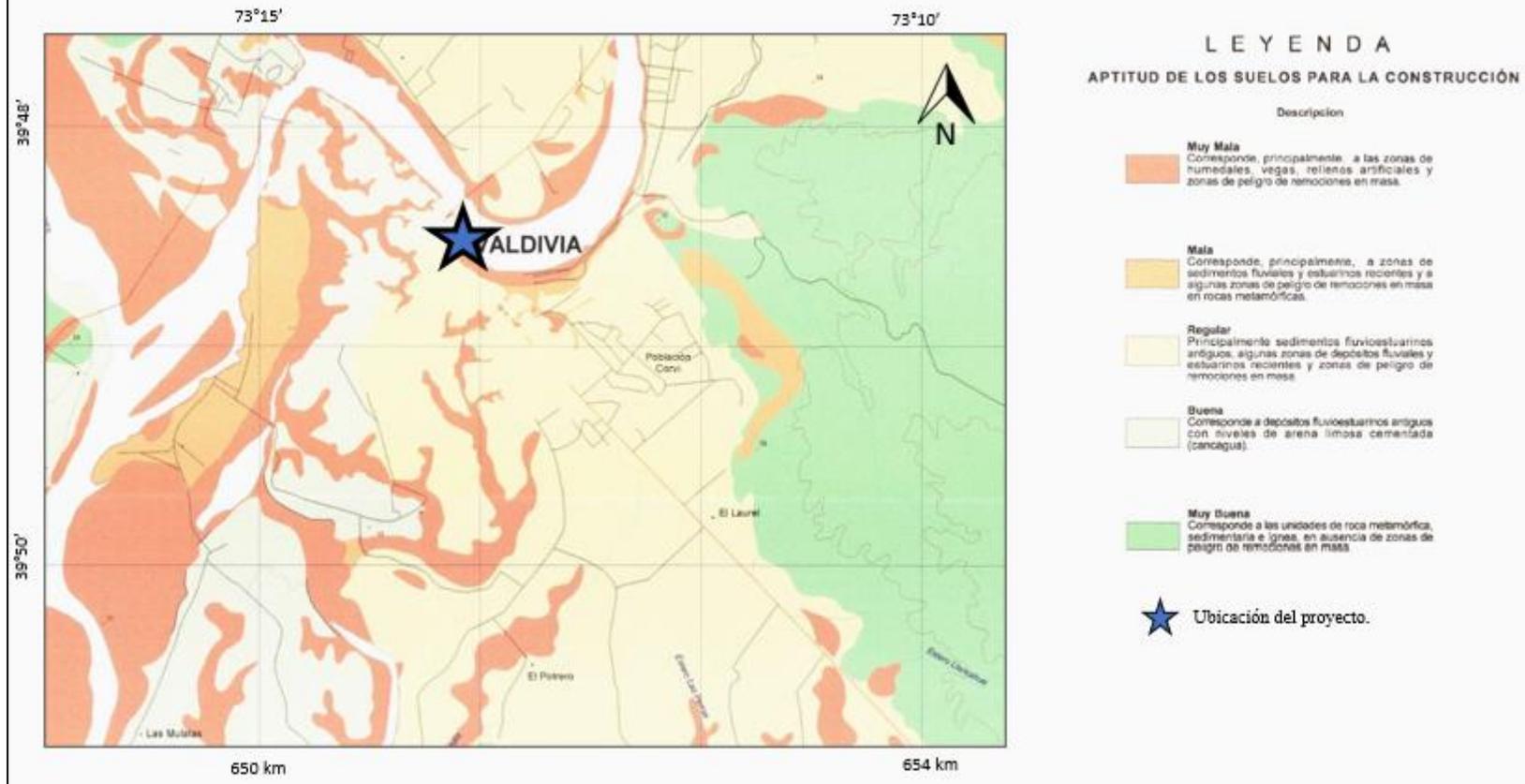


Imagen 7: Mapa Aptitud de los Suelos para la Construcción Simplificado. Extraído de Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Valdivia 1:100.000, SERNAGEOMIN (2005).

---

En lo que respecta a la respuesta sísmica, el terremoto de 1960 causó graves destrozos a la infraestructura y a las edificaciones de la ciudad (Watanabe y Karzulovic, 1960). Inmediatamente después de producido el terremoto, se hicieron diversos estudios para registrar daños, sin embargo, no fue posible determinar exactamente con dicha información en cuanto contribuyeron a los destrozos las malas técnicas constructivas, la antigüedad de las viviendas y la respuesta diferencial de los suelos durante el sismo.

Los diferentes tipos de suelo se comportan de manera diferente a un movimiento sísmico, sea por que aumentan o atenúan las ondas sísmicas. Algunos factores geológicos que afectan en esta materia son las propiedades elásticas de los suelos y sus heterogeneidades, profundidad del nivel freático, espesor del relleno sedimentario, rasgos geomorfológicos y la actividad de las fallas locales (Aguirre y Garrido, 1993).

El SERNAGEOMIN, en su estudio de planificación territorial, utilizó la descripción de sondajes de diferentes estudios a lo largo de la década de los 60 y 70, las cuales inicialmente fueron recopiladas para estudios de aguas subterráneas. Solo se consideraron los primeros 10m de profundidad, ya que estos son los que más influyen en la respuesta sísmica.

Estos estudios de zonificación coincidieron con los límites de las unidades geológicas identificadas en terreno, Las diferencias al interior de estas unidades se explican, principalmente, por las variaciones en la litología y la profundidad del nivel freático, y algunas consideraciones topográficas, como el incremento asociado a los escarpes y riberas de los ríos, debido a la falta de confinamiento y el alto contenido de agua. El relleno artificial es el que amplifica las ondas sísmicas, debido al uso de materiales y técnicas de relleno inadecuadas, esto sumado a la condición de las zonas pantanosas, inundadas desde el sismo de 1960, principalmente por su alto contenido de materia orgánica y agua.

## Mapa Respuesta Sísmica (amplificación)

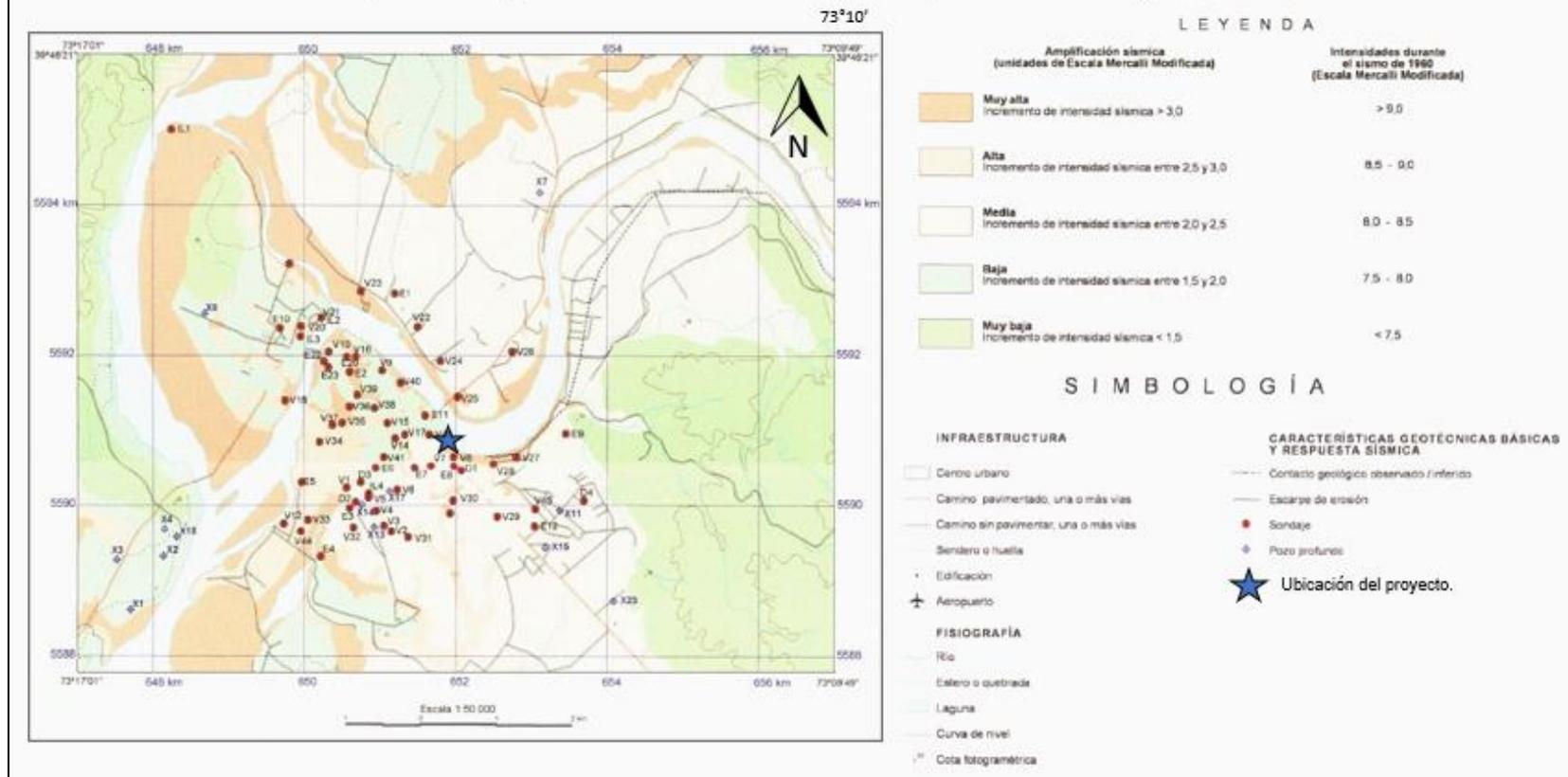


Imagen 8: Mapa Respuesta Sísmica (Amplificación) Simplificado. Extraído de Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Valdivia 1:100.000, SERNAGEOMIN (2005).

#### **4 ENSAYOS DE LABORATORIO.**

A continuación, se detallan el plan de ensayos de laboratorio a practicarse en base a su naturaleza a muestras del tipo perturbadas y no perturbadas, los cuales se presentarán en una segunda versión de este informe.

- Análisis Granulométrico de Materiales
- Límites de consistencia
- Clasificación de suelos
- Determinación de Humedad Natural
- Determinación de Partículas Sólidas
- Resistencia a la Compresión No Confinada
- Corte directo según Norma
- Densidad in situ
- Relación Humedad / Densidad – Proctor modificado
- Capacidad de Soporte CBR
- Consolidación
- Densidad relativa máxima y mínima

#### **5 DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA**

En la presente campaña se prospectó el sector en estudio, mediante la ejecución de 6 calicatas y 1 sondaje.

De acuerdo con la exploración geotécnica realizada mediante calicatas, el subsuelo de la zona de emplazamiento de las obras se caracteriza por la existencia de 2 perfiles estratigráficos predominante compuestos por las siguientes unidades:

**Unidad U1:** Limo arenoso, color café rojizo, consistencia media baja, graduación estimada de 48% de arena y 52% de finos, humedad media, plasticidad media, índice de vacíos de 2,88, compresión no confinada (C.N.C) de 49,73 kPa, densidad seca y húmeda de 0,66 kg/m<sup>3</sup> y 1,29 kg/m<sup>3</sup> respectivamente.

Corresponde a MH, según la clasificación U.S.C.S.

La siguiente Tabla muestra la extensión de esta unidad, medido desde el nivel natural del terreno.

**Tabla 4: Extensión Unidad U1 en perfiles 1 y 2.**

Perfil	Perfil 2
Calicata	P-1
Desde (m)	0,30
Hasta (m)	3,20

Nota: En la calicata se observa presencia de raíces y raicillas abundantes.

**Unidad U2:** Arena limosa con gravas aisladas, color gris oscuro, compacidad media a alta, graduación estimada de 5% de gravas, 9% de finos y 86% de arena, humedad media, sin plasticidad, índice de vacíos de 1,15, compresión no confinada (C.N.C) de 1318,41 kPa (ensayo realizado en calicata 6, por lo que es un parámetro estimativo de esta unidad).

Corresponde a SW-SM, SP-SM y SM, según la clasificación U.S.C.S.

**Tabla 5: Extensión Unidad U2 en perfiles 1 y 2.**

Perfil	Perfil 1	Perfil 2	
Calicata	P-2	P-1	P-6
Desde (m)	0,25	3,20	0,30
Hasta (m)	3,00	4,00	1,80

**Unidad U3:** Arcilla arenosa, color grisáceo, consistencia media, graduación estimada de 5% de gravas, 70% de finos y 30% de arena, humedad alta, plasticidad media, índice de vacíos de 1,48, densidad seca y húmeda de 1,76 kg/m<sup>3</sup> y 2,69 kg/m<sup>3</sup> respectivamente.

Corresponde a CL, según la clasificación U.S.C.S.

**Tabla 6: Extensión Unidad U3 en perfil 1.**

Perfil	Perfil 1
Calicata	P-3
Desde (m)	1,00
Hasta (m)	2,00

**Unidad U4:** Limo, color grisáceo oscuro, consistencia baja, graduación estimada de 66% de finos y 34% de arena, plasticidad media a alta, índice de vacíos de 1,48, compresión no confinada (C.N.C) de 19,99 kPa (ensayo realizado en calicata P-4, por lo que es un parámetro estimativo de esta unidad), densidad seca y húmeda de 0,61 kg/m<sup>3</sup> y 1,00 kg/m<sup>3</sup>.

Corresponde a MH-ML, según la clasificación U.S.C.S.

**Tabla 7: Extensión Unidad U4 en perfiles 1 y 2.**

Perfil	Perfil 1	Perfil 2
Calicata	P-4	P-5
Desde (m)	0,30	1,30
Hasta (m)	1,80	1,80

**Unidad U5:** Grava areno limosa, clastos de cantos redondeados y subredondeados, tamaño máximo de 3", color café oscuro, compacidad media, estructura granular compuesta, graduación estimada de 46% de grava, 40% de arena y 14% de finos, sin plasticidad

Corresponde a GM, según la clasificación U.S.C.S.

**Tabla 8: Extensión Unidad U5 en perfil 1.**

Perfil	Perfil 1	
Calicata	P-3	P-5
Desde (m)	0,20	0,25
Hasta (m)	1,00	1,30

Nota: En calicata P-3 hay presencia de raicillas abundantes, trozos de fundación y enfierradura de hormigón.

# CALICATAS — BIBLIOTECA VALDIVIA

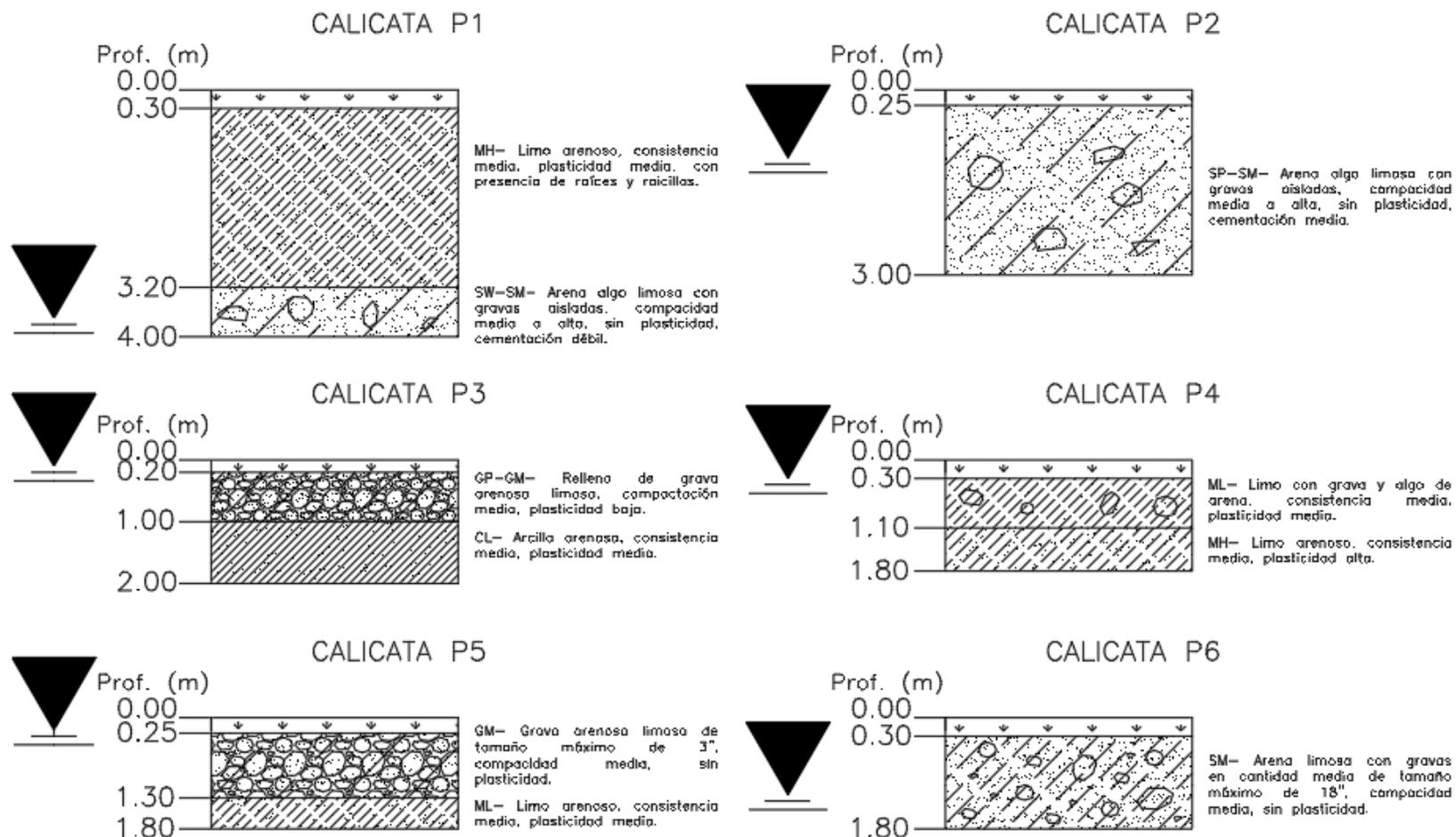


Imagen 9: Estratigrafía por calicata, Biblioteca Valdivia.



**Imagen 10: Emplazamiento perfiles estratigráficos.**

PERFIL 1:

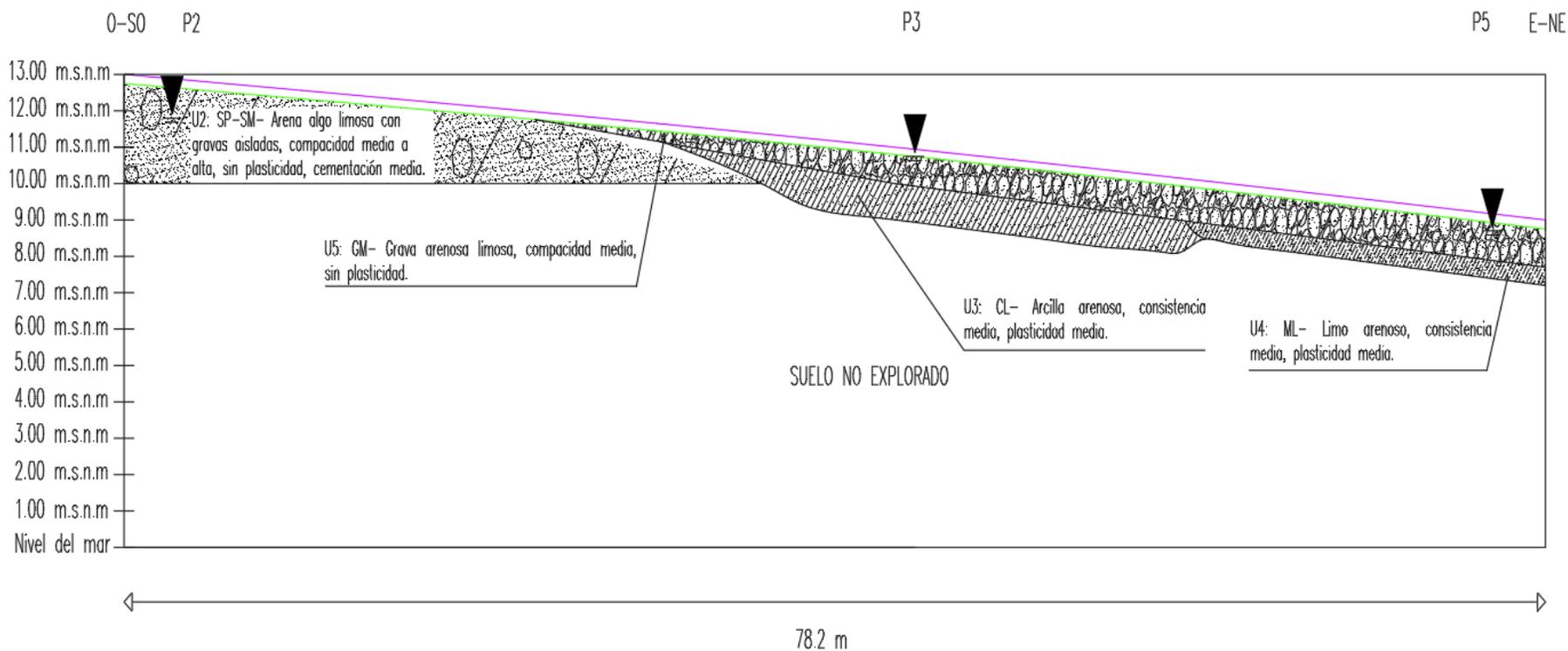


Imagen 11: Perfil estratigráfico, Perfil 1.

PERFIL 2:

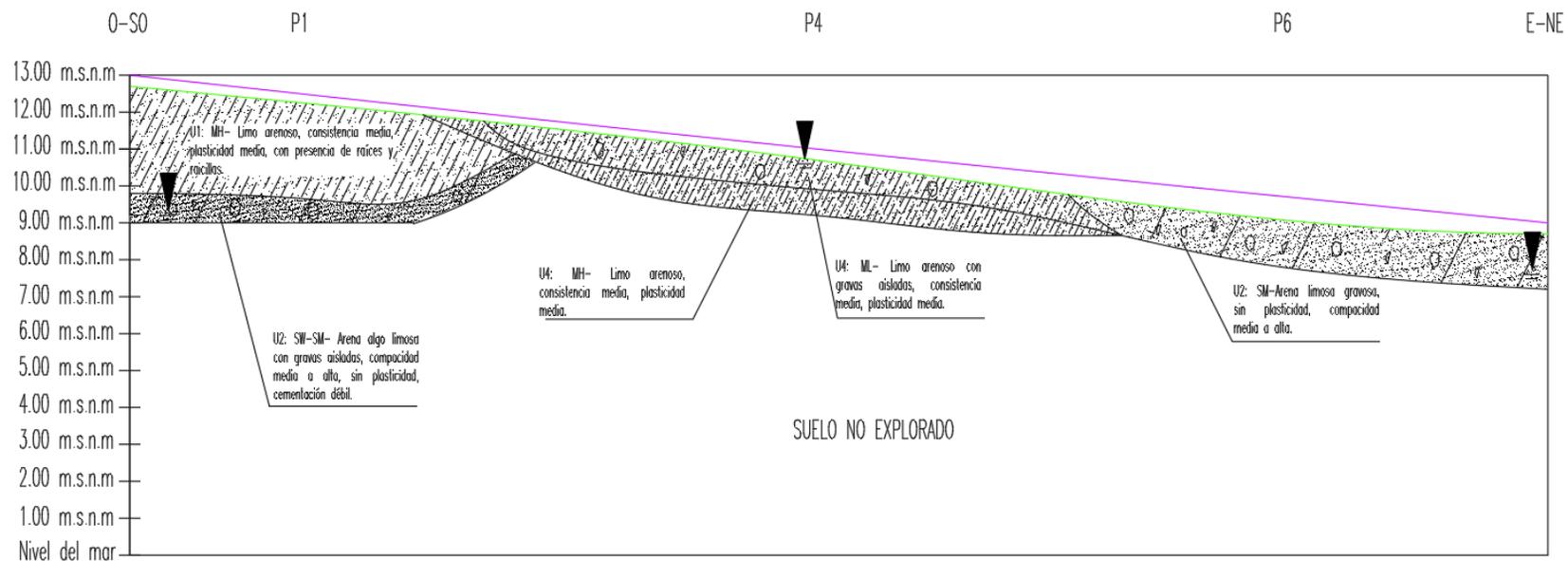


Imagen 12: Perfil estratigráfico, Perfil 2.

## 5.1 Situación Napa Freática

En cuanto a la presencia de napa freática, esta fue detectada en la campaña geotécnica realizada.

**Solo se informa situación de la napa freática en la fecha de exploración (Julio, 2021), desconociendo su variación estacional y en el tiempo, antecedente que escapa a la especialidad, el detalle se puede observar en la siguiente tabla.**

**Tabla 9: Detalle nivel freático P-1 a P-6.**

Calicata	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
Nivel Napa	3.8	1.2	0.2	0.4	0.3	1.4

## 5.2 Infiltración del suelo

En estrato de limo arenoso de consistencia media, se ejecuta un ensayo de infiltración porchet, para evaluación de su aporte infiltrante para obras de aguas lluvias. Dichos resultados se muestran a continuación.

**Tabla 10: Resumen resultados Infiltración Porchet.**

Calicata N°	Cota de ensayo (m)	Horizonte	Tipo de suelo	infiltración promedio	
				(mm/hr)	(cm/hr)
P-6	0.10-0.40	1 y 2	ML	146	14.6

El rango de permeabilidad corresponde a “Elevada” para el horizonte analizado, según recomendaciones de la “Soil Conservation Service” de Estados Unidos.

**Tabla 11: Clasificación de la permeabilidad según la infiltración.**

Permeabilidad	Infiltración (cm/hr)
Muy Lenta	<0.1
Lenta	0.1-0.5
Moderadamente Lenta	0.5-2.0
Moderada	2.0-6.5
Moderadamente Elevada	6.5-12.5
Elevada	12.5-25.0
Muy Elevada	>25

A continuación, se presenta el resumen de resultados de ensayos efectuados en laboratorio a muestras obtenidas en campo.

**Tabla 12: Resumen de resultados en prospecciones tipo calicatas.**

CALICATA	P1	P1	P2	P3	P4	P5	P5	P6
HORIZONTE	H2	H3	H2	H3	H3	H2	H3	H2
Cota muestreo (m)	0.80	3.50	1.20	1.60	1.50	1.00	1.50	0.90
Finos bajo malla N°200(%)	52	9	10	70	58	14	66	34
IP	15	NP	NP	18	27	NP	18	NP
LP	59	NP	NP	25	38	NP	27	NP
LL	74	ND	ND	43	65	ND	45	ND
Clasificación USCS	MH	SW-SM	SP-SM	CL	MH	GM	ML	SM
Humedad (%)	95.7	36.5	19.0	42.9	64.2	18.0	42.5	42.3
Resistencia a compresión simple Natural (kg/cm <sup>2</sup> )	0.51	-	-	-	0.20	-	0.20	13.44
Densidad de partículas sólidas (g/cm <sup>3</sup> )	2.57	2.21	2.72	2.62	2.50	2.72	2.58	2.61
CBR al 95% de la D.M.C.S. (%)	7.3	-	-	38.5	-	-	-	-
CBR al 90% de la D.M.C.S. (%)	4.8	-	-	20.0	-	-	-	-

**Tabla 13: Resumen de resultados densidades In Situ.**

<b>Calicata</b>	<b>P-1</b>	<b>P-3</b>	<b>P-4</b>
<b>Horizonte</b>	2	2	3
<b>Cota muestreo (m)</b>	0.80	0.70	1.50
<b>Humedad (%)</b>	95.7	52.9	64.2
<b>Densidad seca (kg/m<sup>3</sup>)</b>	0.66	1.76	0.61
<b>Densidad húmeda (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1.29	2.69	1.00
<b>D.M.C.S (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1.14	2.02	1.14
<b>Compactación c/r a la D.M.C.S</b>	57.9	87.1	53.5

### 5.3. Ensayos especiales asociados a calicatas.

La resistencia al esfuerzo cortante se considera el valor máximo de la resistencia al corte que se pueda inducir al suelo antes que se deslice o se rompa, algunos ejemplos de obras que generan tensiones cortantes son: muros, cimientos, taludes. Por lo que se vuelve indispensable conocer los parámetros de corte del suelo (cohesión efectiva y ángulo de fricción interna), estos parámetros del criterio de rotura ( $c'$ ,  $\phi'$ ), se pueden obtener mediante ensayos especiales como: corte directo y triaxial.

#### 5.3.1 Corte directo.

(a) Resultados.

La resistencia del suelo está asociada generalmente a la capacidad de soportar un estado de carga máximo, llamado estado último, la resistencia del suelo está dada principalmente por su resistencia al corte, la cual se ve reflejada en la existencia de tensiones principales (circulo de Mohr).

Según Coulomb (1776), la máxima resistencia al corte  $\tau_f$  en el plano de falla esta dada por la expresión general

$$\tau_f = c + \sigma \tan \varphi$$

Donde:

$\sigma$ : Tension Normal total en el plano de falla

$\varphi$  = es el angulo de friccion del suelo

$c$  = cohesion del suelo

Para la determinación de parámetros representativos del suelo se ejecutan ensayos de corte directo, el cual reproduce de alguna forma las tensiones de corte que se desarrollan en superficies de deslizamiento en masas de suelos, por ejemplo, los mecanismos de falla en problemas de capacidad de soporte ultima de fundaciones. Es preciso mencionar que, aunque la caja de corte represente una parte minúscula del suelo, resulta ser una herramienta efectiva en proporcionar información de la resistencia a la corte drenada del suelo.

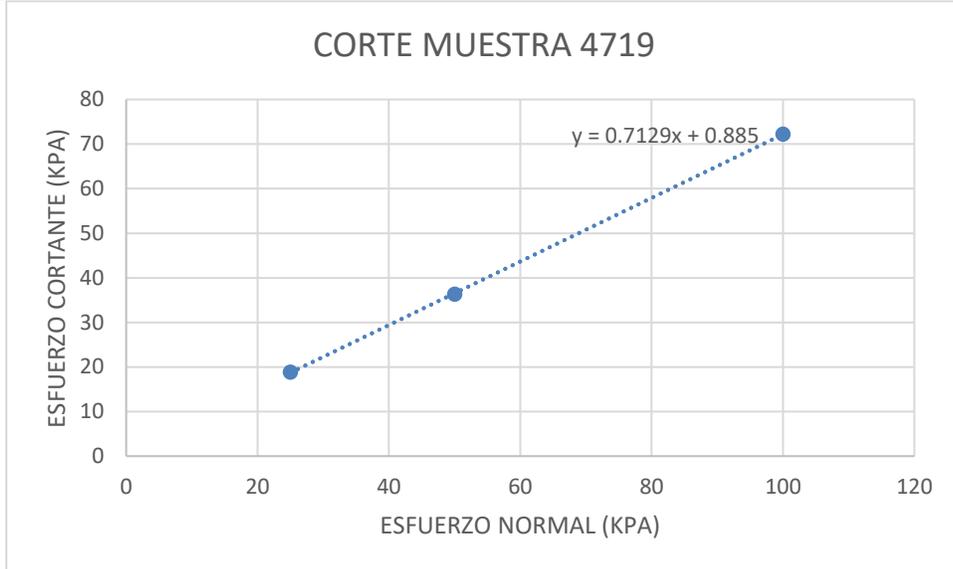
El tamaño de la caja de corte cuadrada a utilizar corresponde a 6 cm de lado, lo cual permite un tamaño máximo de 25 mm a ensayar. Lo cual representa en este caso a arena de los estratos detectados, lo cual nos permite determinar el ángulo de roce mínimo del estrato en su totalidad.

A continuación, se detallan los ensayos realizados.

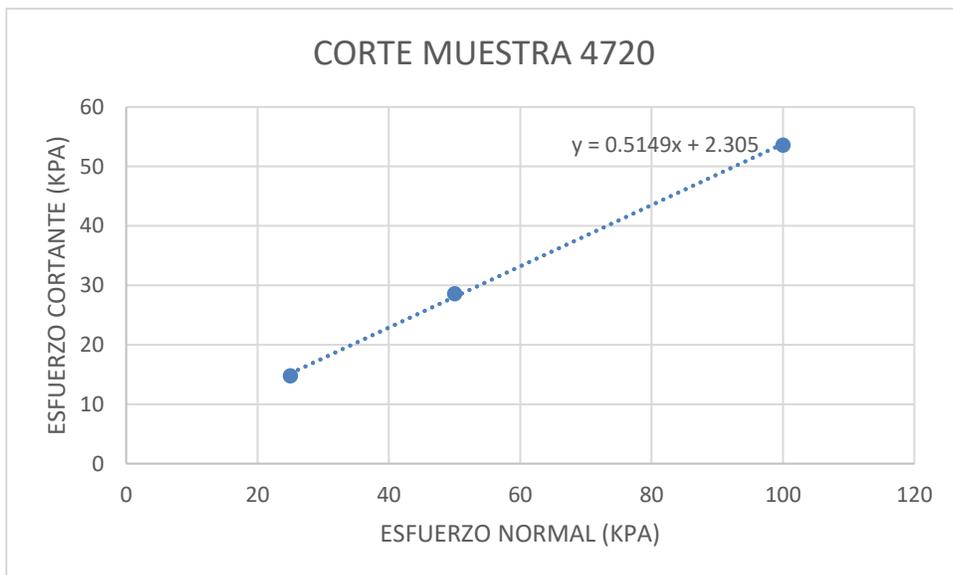
**Tabla 14: Resumen muestras ensayos corte directo P-2, P-3.**

Muestra N°	Calicata	Cota
4719	P-2	1.20
4720	P-3	1.60

De los ensayos se obtiene lo siguiente:



**Imagen 13: Resultados CD Muestra 4719.**



**Imagen 14: Resultados CD Muestra 4720.**

**Tabla 15: Resumen parámetros de corte del suelo muestras.**

Muestra	Ángulo de fricción °	Cohesión kPa
4719	35.4	0.89
4720	27.2	2.31

*(b) Análisis de resultados.*

Cambio de Volumen durante el corte del suelo.

En general los valores de ángulo de roce obtenido para limo (MH) es de 27°, mientras que para la arena limosa es de 35°.

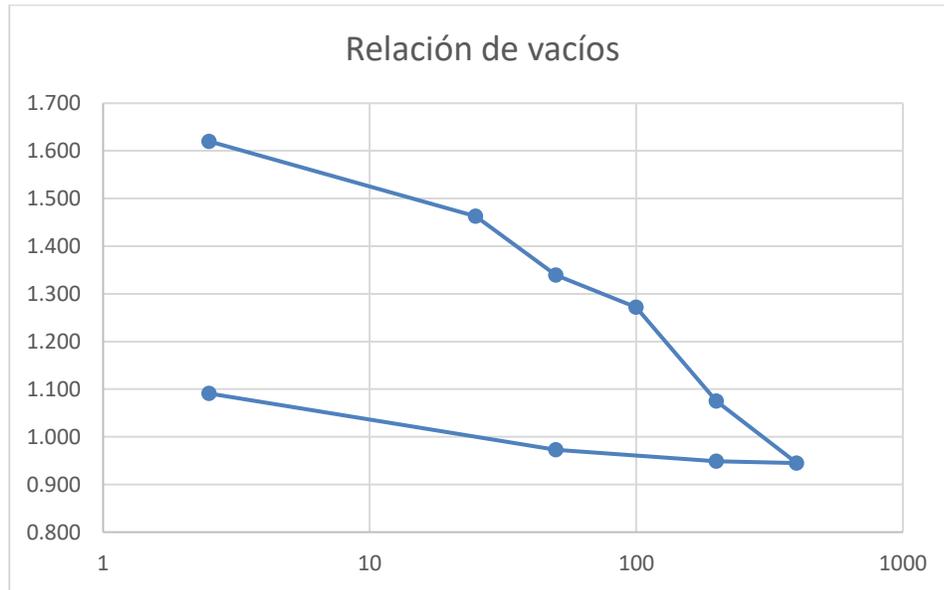
Las curvas de deformación volumétricas versus deformación de corte (ver anexo ensayos corte directo), para la muestra 4719, la cual corresponde a un suelo SM indica que en la medida que avanza el corte aplicado de forma horizontal, la muestra de suelo inicialmente experimenta movimientos verticales de comportamiento dilatante, pero finalmente tienen un comportamiento contractivo a excepción del espécimen C, mientras que la muestra 4720 indica que en la medida que avanza el corte aplicado de forma horizontal, la muestra de suelo experimenta movimientos verticales de comportamiento dilatante a excepción del espécimen A. Finalmente, para grandes deformaciones las muestras no estabilizan su cambio volumétrico y experimentan cambios volumétricos bajos.

### 5.3.2 Compresibilidad.

La compresibilidad es el grado en que una masa de suelo disminuye su volumen bajo el efecto de una carga debido a la disminución del volumen de poros. En un suelo de granos finos, para poder evaluar la magnitud de los asentamientos por consolidación se realiza un ensayo de consolidación unidimensional o también conocido como ensayo edométrico.

Para el presente proyecto se realiza un ensayo, a una muestra perteneciente a la P-5 (calicata 5) a una profundidad de 1.50 m medido a nivel de terreno respectivamente. Para realizar los ensayos se considera la siguiente secuencia de incremento de carga: 25, 50, 100, 200 y 400 kPa, donde luego se realiza la descarga hasta llegar a los 2.5 kPa.

En la siguiente Imagen se muestra la curva de compresibilidad de la muestra ensayada, de la cual se obtienen los coeficientes a la compresión e índice de recuperación o de recompresión según corresponda, obteniéndose valores de  $C_c=0.430$  y  $C_s=0.040$  para la P-5.



**Imagen 15: Curva de compresibilidad P-5.**

La tensión de preconsolidación es estimada a partir del método de las líneas rectas, obteniéndose un valor de  $\sigma_{pc}=25.09$  kPa para la muestra de la calicata 5, por lo que el suelo de la P-5 se encuentra Normalmente Consolidado con una razón de sobreconsolidación  $OCR=1.13$ .

A continuación, se presentan los valores del módulo edométrico correspondiente a la muestra de la calicata 5 para cada intervalo de carga, donde se observa que varía entre 0.218 y 2.170 MPa.

**Tabla 16: Obtención del módulo edométrico P-5 para cada tramo de carga.**

Intervalo de carga, kPa	2.5 - 25	25 - 50	50-100	100-200	200-400
$\Delta\sigma$ , kPa	17.5	25	50	100	200
$\Delta h$ , mm	1.528	1.207	0.655	1.920	1.262
$h_i$ , mm	19	17.472	16.265	15.61	13.69
$\Delta e_v$ , %	0.080	0.069	0.040	0.123	0.092
$E_{oed}$ , MPa	0.218	0.362	1.242	0.813	2.170

La siguiente tabla, entrega los valores del módulo edométrico correspondiente a la muestra de la calicata 5 para cada intervalo de descarga, donde los módulos varían entre 59.181 y 0.527 MPa, aumentando el primer tramo con respecto al tramo de carga, para luego disminuir progresivamente con cada descarga.

**Tabla 17: Obtención del módulo edométrico P-5 para cada tramo de descarga.**

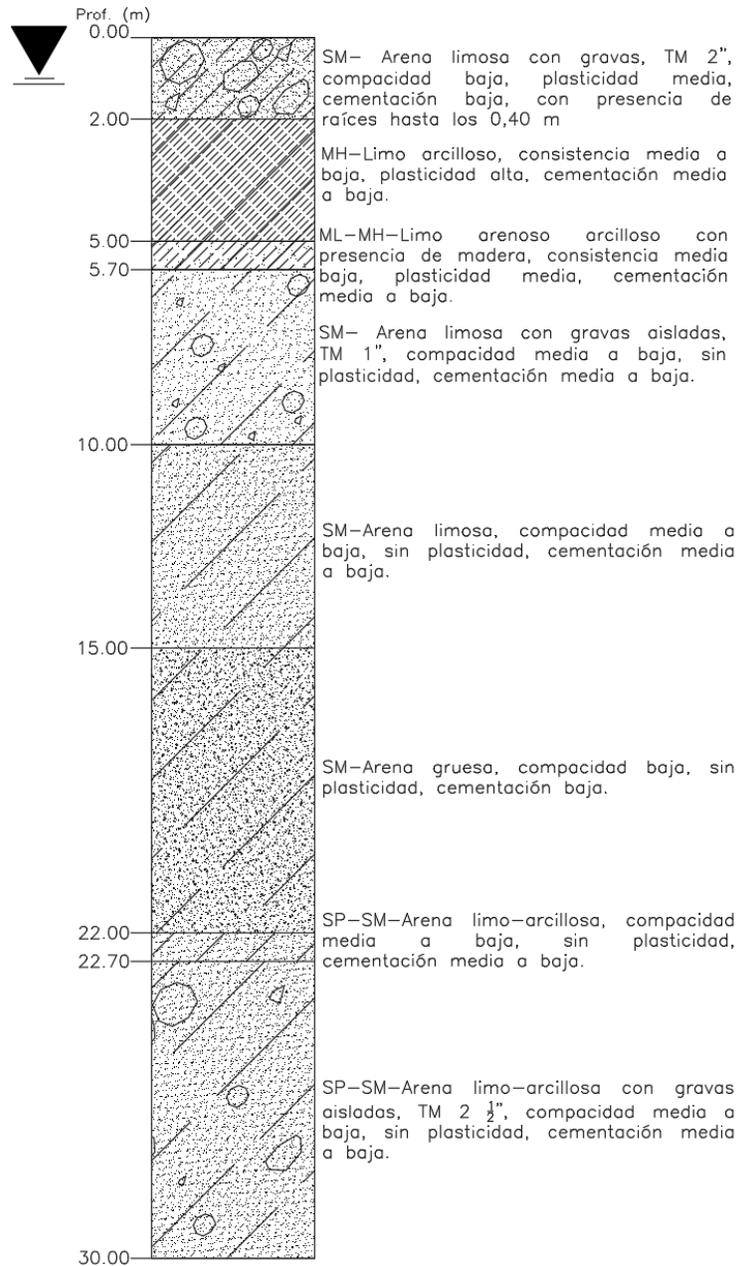
Intervalo de carga, kPa	400 - 200	200 - 50	50 - 2.5
$\Delta\sigma$ , kPa	-200	-150	-47.5
$\Delta h$ , mm	-0.042	-0.23	-1.144
$h_i$ , mm	12.428	12.47	12.7
$\Delta e_v$ , %	-0.003	-0.018	-0.090
$E_{oed}$ , MPa	59.181	8.133	0.527

#### 5.4 Estratigrafía Sondaje y SPT

A continuación, se presenta el perfil estratigráfico obtenido a partir del sondaje realizado los y además SPT (Standard Penetration Test) realizado en este mismo punto, con el cual se puede dar una idea de la resistencia del terreno.

En las Imagen 15 se visualiza el perfil estratigráfico, mientras que en la Imagen 12 se observa el registro de ensayo SPT.

SONDAJE BIBLIOTECA VALDIVIA



**Imagen 16: Perfil estratigráfico, S1.**

Nota: El nivel freático se detectó al metro.

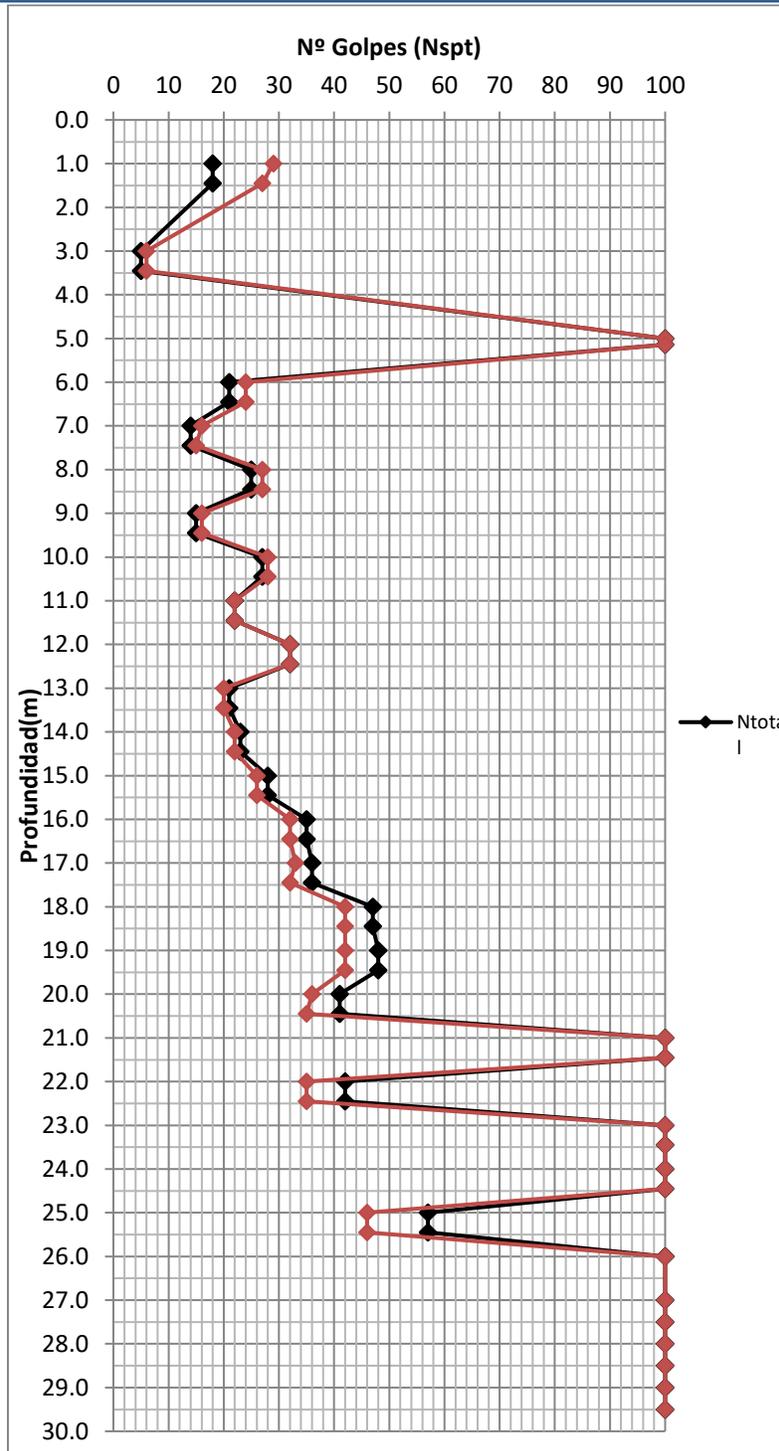


Imagen 17: Resultado SPT, S1.

## 5.5. Ensayos básicos asociados a sondaje.

Para poder clasificar el suelo se debe realizar una serie de ensayos, los cuales sus resultados se describen a continuación:

### 5.5.1 Granulometría.

Es de interés estudiar y determinar la granulometría de los suelos, ya que el tamaño de los granos y partículas está relacionado con la resistencia mecánica y el comportamiento hidráulico.

A continuación, se presentan las gráficas donde se puede visualizar las curvas granulométricas por horizonte de sondaje.

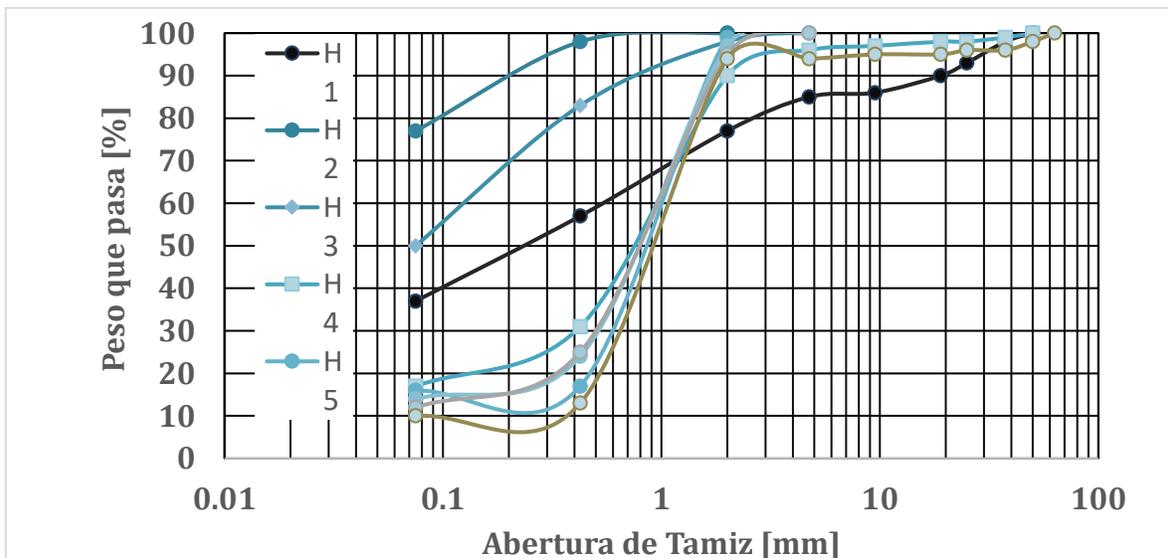
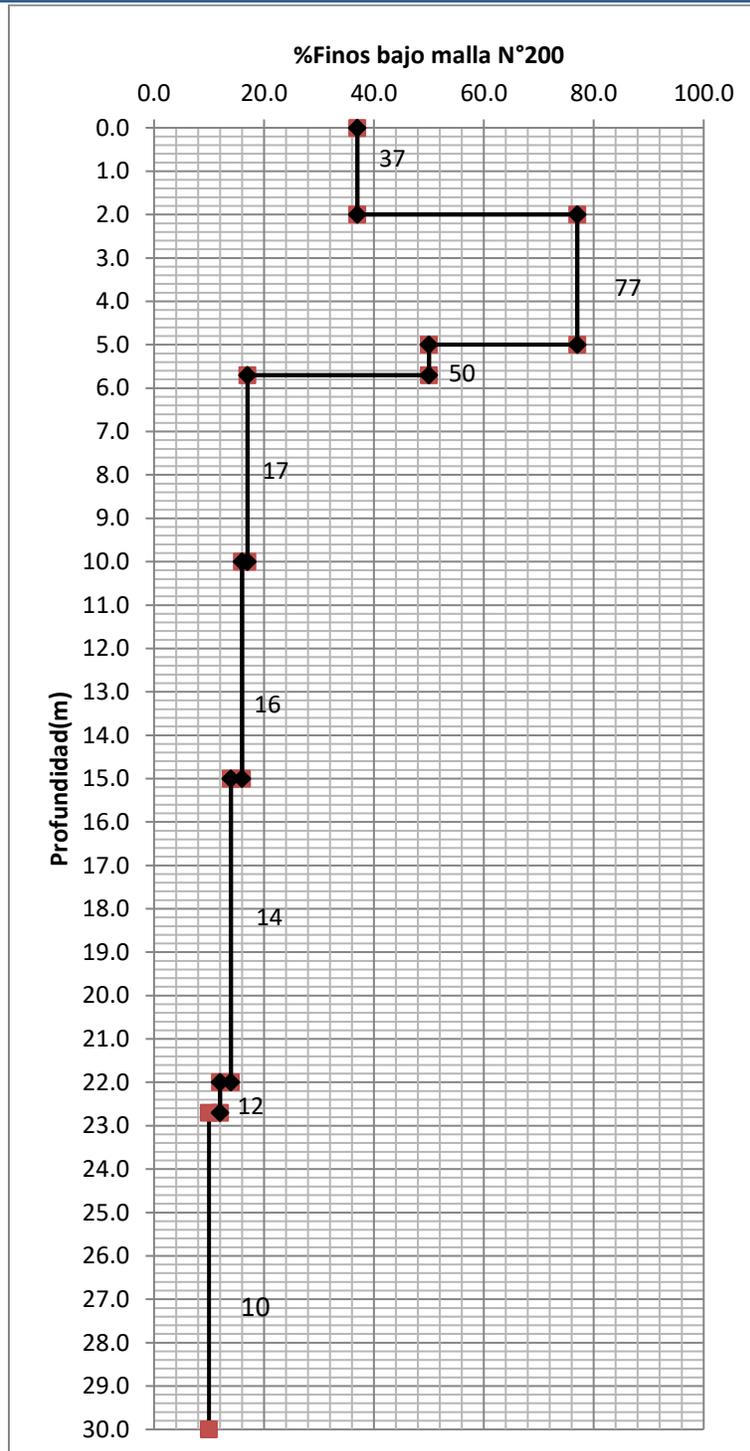


Imagen 18: Curva granulométrica para cada horizonte de S1.



**Imagen 19: % de finos bajo malla N° 200, S1.**

5.5.2 Plasticidad.

La plasticidad de un suelo es una propiedad debida a la capacidad de interactuar con el agua que tienen los minerales de caolinita, montmorilonita e illita que componen la arcilla.

A continuación, se presentan los resultados de plasticidad para sondaje 1:

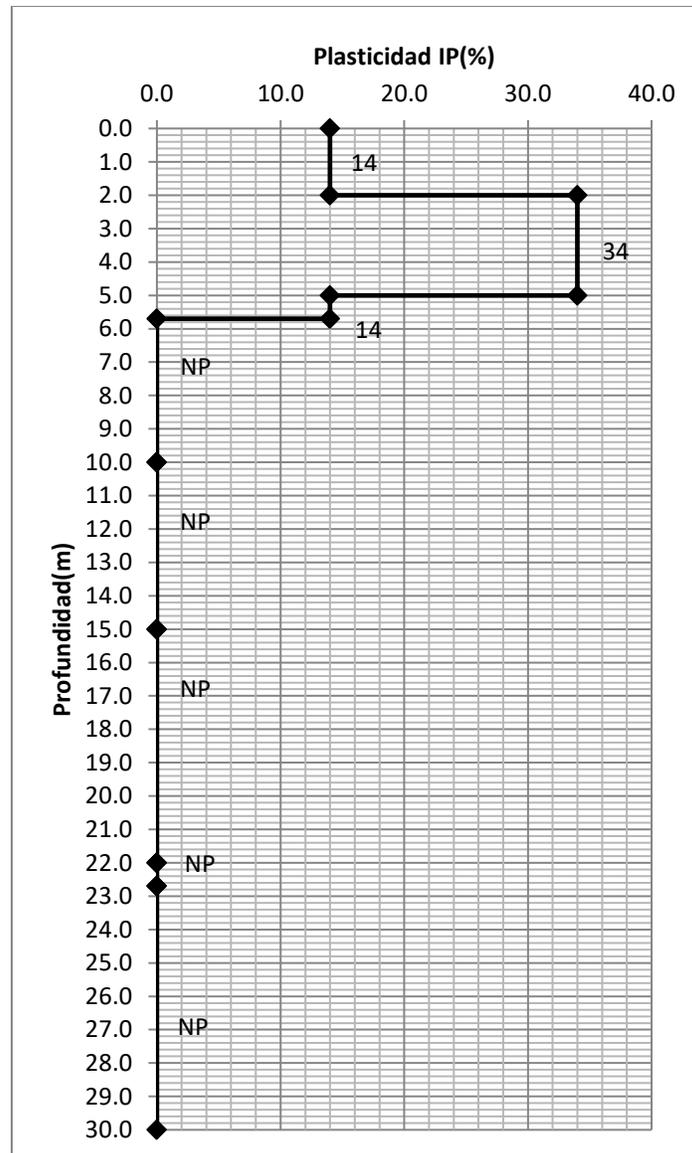


Imagen 20: IP %, S1.

Finalmente se presenta un resumen de los datos, incluyendo: % de finos que pasa la malla N° 200, límites de consistencia (LL, LP, IP), humedad en %, densidad de partículas sólidas, Resistencia a compresión simple y clasificación del suelo.

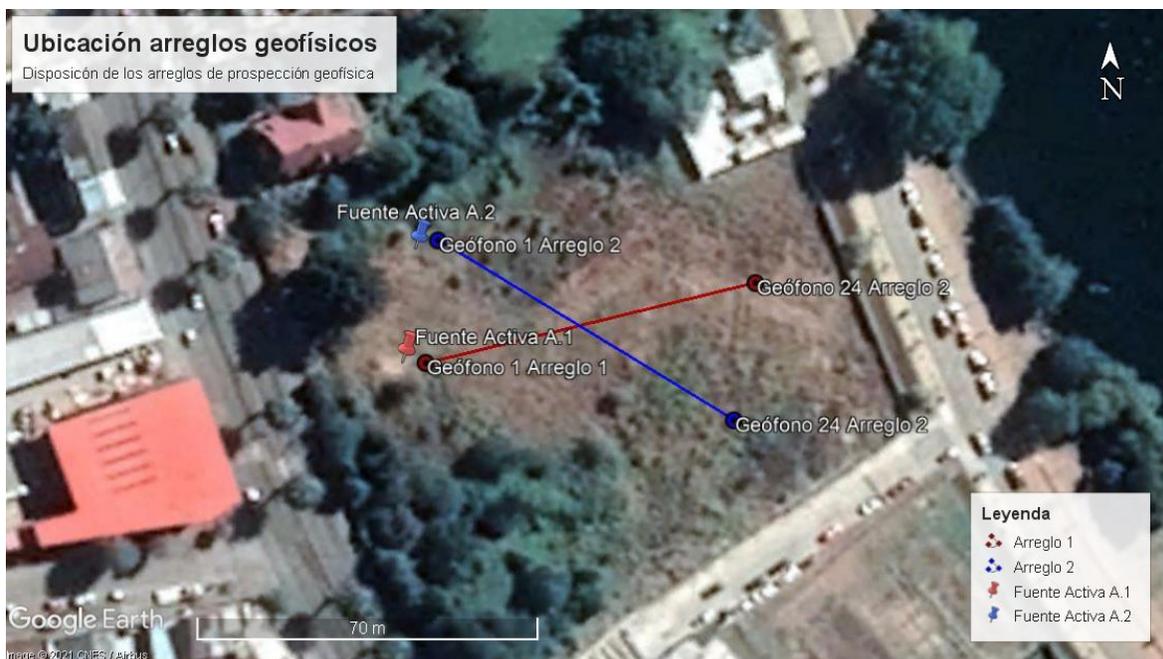
**Tabla 18: Resumen de resultados, S1.**

SONDAJE	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
Unidad Estratigráfica	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
Cota muestreo (m)	0.00-2.00	2.00-5.00	5.00-5.70	5.70-10.00	10.00-15.00	15.00-22.00	22.00-22.70	22.70-30.00
Finos bajo malla N°200(%)	37	77	50	17	16	14	12	10
IP	14	34	14	NP	NP	NP	NP	NP
LP	40	42	36	NP	NP	NP	NP	NP
LL	54	76	50	ND	ND	ND	ND	ND
Clasificación USCS	SM	MH	ML-MH	SM	SM	SM	SP-SM	SP-SM
Humedad (%)	26.7	56.2	57.6	26.9	30.2	16.0	20.0	28.9
Resistencia a compresión simple Natural (kg/cm <sup>2</sup> )	-	0.20	-	-	-	-	-	-
Densidad de partículas sólidas (g/cm <sup>3</sup> )	2.50	2.48	2.58	2.68	2.70	2.72	2.73	2.72

## 6 GEOFÍSICA.

A continuación, se presentan los resultados y análisis de las mediciones geofísicas realizadas para el proyecto “Estudios Bases y Cabida Valdivia SNPC”, ubicado en la comuna de Valdivia, Región de los Ríos.

El estudio consistió en la medición de 2 perfiles sísmicos, de manera tal de obtener el parámetro Vs 30 mediante mediciones de micro-vibraciones ambientales y con fuente activa.



**Imagen 21: Ubicación arreglos 1 y 2.**

La descripción de los tendidos se presenta a continuación:

- Tendido 1 con 24 geófonos espaciados a 3 m y 69 m de longitud
- Tendido 2 con 24 geófonos espaciados a 3 m y 69 m de longitud

## 6.1 Resultados.

A partir de los diferentes datos analizados se selecciona un perfil característico para cada arreglo, con la cual se obtiene la velocidad de onda de corte Vs30, las cuales se pueden visualizar en las siguientes tablas.

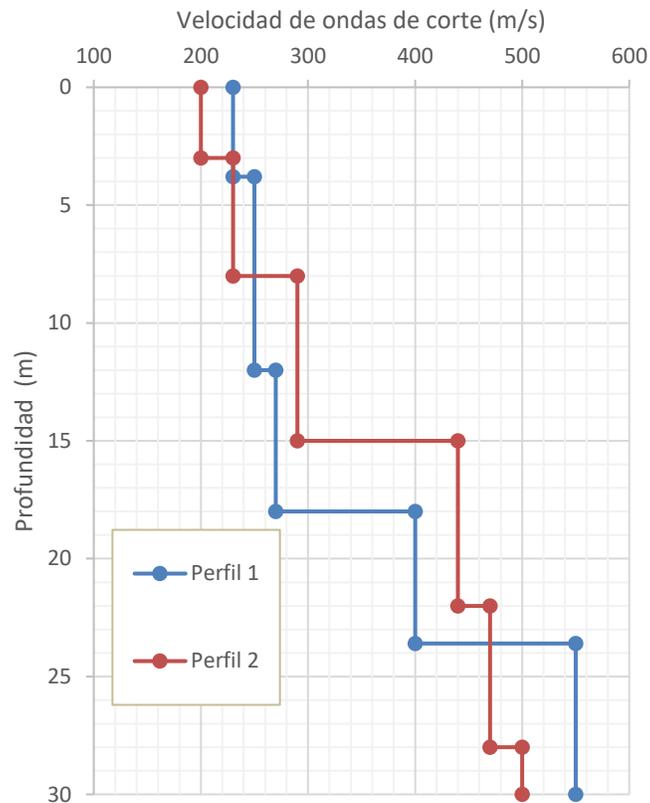
**Tabla 19: Obtención de Vs30 para el arreglo 1.**

Horizonte	Prof. Ini.	Prof. Final	Espesor (H)	Vs	H/Vs	Vs30
[-]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[s]	[m/s]
H1	0,0	3,8	3,8	230	0,017	309
H2	3,8	12,0	8,2	250	0,033	
H3	12,0	18,0	6,0	270	0,022	
H4	18,0	23,6	5,6	400	0,014	
H5	23,6	30,0	6,4	550	0,012	
Suma			30,0		0,097	

**Tabla 20: Obtención de Vs30 para el arreglo 2.**

Horizonte	Prof. Ini.	Prof. Final	Espesor (H)	Vs	H/Vs	Vs30
[-]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[s]	[m/s]
H1	0,0	3,0	3,0	200	0,015	321
H2	3,0	8,0	5,0	230	0,022	
H3	8,0	15,0	7,0	290	0,024	
H4	15,0	22,0	7,0	440	0,016	
H5	22,0	28,0	6,0	470	0,013	
H6	28,0	30,0	2,0	500	0,004	
Suma			30,0		0,094	

Finalmente, la Imagen 22 muestra los perfiles de onda de corte seleccionados para el arreglo 1 y 2.



**Imagen 22: Perfiles de velocidad de onda de corte en profundidad.**

---

## 6.2 Análisis de resultados.

Dado que las estructuras consideradas corresponden a estructuras destinadas a uso residencial, la clasificación sísmica del suelo de fundación será de acuerdo con lo dispuesto en el DS N°61 – 2011 del MINVU.

Al analizar el Vs30, en ambos perfiles se alcanzaron velocidades de onda de corte superiores a 180m/s y su resistencia a la compresión simple es inferior a 0.05 MPa, por lo que el suelo solo considerando lo anterior clasificaría como suelo tipo E, pero al realizar el análisis de licuación de suelos (el cual se presenta en el punto 6.3) se concluye que el suelo tiene riesgo de licuación a los 7 y 9 metros de profundidad.

Dado lo anteriormente expuesto el suelo de acuerdo con el DS N°61 – 2011 del MINVU, el suelo clasifica como **SUELO TIPO F**, por lo que se requiere un análisis de riesgo sísmico.

## 6.3 Análisis de Licuación.

En este caso, ya que el proyecto se encuentra emplazado sobre suelos sueltos, es pertinente efectuar un análisis por licuación.

Es conocido el hecho que los suelos mayormente susceptibles al fenómeno de licuación corresponden a arenas sueltas o de compacidad media en general según normativas vigentes con compacidades representadas por ensayos SPT (Standart Penetration Test) <20 golpes/pie, efecto que se puede presentar también en limos con granulometría conformada por hasta 35% finos bajo la malla N°200 y con un índice de plasticidad menor o igual a 10.

Este fenómeno en suelos es manifestado ante una demanda sísmica (exposiciones a esfuerzos de corte cíclicos), lo cual provoca que la presión intersticial aumente gradualmente hasta equilibrar la presión total, haciendo que el suelo pierda su capacidad de soporte y se comporte como un líquido denso.

Los métodos más comúnmente utilizados para la evaluación de susceptibilidad a licuación se basan en información obtenida de ensayo SPT, pero diversos autores han creado correlaciones con

otros parámetros del suelo, en este caso la rigidez del suelo representada por Vs (velocidad de onda de corte).

En esta oportunidad se evaluará la susceptibilidad a licuación del suelo en estudio mediante el método propuesto por Boulanger e Idriss en base a ensayo SPT, y por el método propuesto por Seed e Idriss en base a Vs para lo cual se asumirán ciertos criterios que se mencionan a continuación:

- El análisis de Licuación se basará en el criterio establecido por Seed and Idriss 1971 para el caso de análisis con dato de entrada Velocidad de Onda de Corte. El criterio de Idriss y Boulanger (2004-2008), para datos de entrada registro de SPT.
- El potencial de licuación se calcula generalmente produce hasta una profundidad máxima de 18,0(m), algunos autores incluso indican menores profundidades, ya que bajo este nivel el grado de confinamiento que logra el suelo impide el desarrollo de dicho fenómeno (Cetin, et al, 2009)
- El valor de CSR (relación de esfuerzos Cíclicos) inducido por un terremoto, a una profundidad dada “z”, dentro de un perfil de suelo, es generalmente representado por un valor igual al 65% del máximo esfuerzo de corte cíclico tal como indica la siguiente expresión.

### 6.3.1 Formulaciones Análisis de Licuación.

La base de la metodología expuesta a continuación es la comparación de los esfuerzos cíclicos inducidos por un sismo con la relación de tensiones cíclicas que un suelo puede resistir representado.

El máximo esfuerzo de corte puede ser estimado utilizando la expresión desarrollada en parte por el procedimiento simplificado de Seed –Idriss, el cual se expresa como:

$$CSR = 0.65 \frac{\sigma_v}{\sigma_v'} * \frac{a_{max}}{g} r_d$$

Donde:

$\sigma_v$ = Tensión vertical total

$\sigma_v'$ = Tensión vertical efectiva

---

$\frac{a_{max}}{g}$  = Máxima aceleración horizontal (definida por la zona sísmica en la cual se encuentra emplazado el proyecto), (En este caso el proyecto se emplazará en zona sísmica 2, con  $a_{max}=0,30g$ ).

$r_d$  = factor de reducción de tensión de corte que representa la respuesta dinámica del perfil de suelo.

- **Cálculo de la relación de resistencia cíclica (CRR) en base a ensayo SPT.**

CRR, se define como la razón entre la tensión máxima de corte cíclica ( $\tau_{cy}$ ) requerida para que se produzca licuación en “N” ciclos, y la tensión efectiva de confinamiento inicial ( $\sigma'0$ ), es generalmente correlacionado con un parámetro obtenido in situ correspondiente al número de golpes  $N_{spt}$  obtenido del ensayo SPT (Standard Penetration Test). El número de golpes  $N_{spt}$  es afectado por algunos detalles de procedimiento (Longitud de la barra perforadora, tipo de muestreador, diámetro de perforación y eficiencia del martillo), además de la tensión de sobrecarga efectiva.

Por tanto, el valor de CRR está relacionado con el valor de penetración estándar corregido denominado ( $N_{1,60}$ ):

$$(N_1)_{60} = C_N C_E C_R C_B C_S N_m$$

Donde:

$N_m$  = Número de golpes SPT.

$C_N$  = Factor de corrección por sobrecarga.

$C_E$  = Factor de corrección por energía.

$C_R$  = Factor de corrección por longitud de barra perforadora.

$C_B$  = Factor de corrección por diámetro de la perforación.

$C_S$  = Factor de corrección por muestreador.

El parámetro CRR es también afectado por la duración del movimiento (que es relacionada con el factor de escala de magnitud del sismo, MSF) y la tensión efectiva de sobrecarga (que es expresada a través del factor  $K\sigma$ ).

La correlación para el CRR es por tanto desarrollada para una referencia de  $M=7.5$  y  $\sigma_v'=1$  atm, utilizando la siguiente expresión:

$$CRR_{M,\sigma v} = CRR_{M=7.5,\sigma v'=1} * MSF * K_{\sigma}$$

Donde:

$MSF$  es un factor que es utilizado para tener en consideración los efectos de la duración (ej: el número de ciclos de carga).

$$MSF = 6.9 * \exp\left(\frac{-M}{4}\right) - 0.058 \leq 1.8$$

La relación  $K_{\sigma}$  es el factor de ajuste por los efectos del esfuerzo vertical efectivo  $\sigma_v'$ , a continuación, se muestra la relación desarrollada por Boulanger (2003):

$$K_{\sigma} = 1 - C_{\sigma} \ln\left(\frac{\sigma_v'}{P_a}\right) \leq 1.1$$

$$C_{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{18.9 - 2.55(N_1)_{60CS}}} \leq 0.30$$

Adicionalmente, la correlación de CRR es afectada por el contenido de finos (FC) y es expresada como:

$$CRR_{M=7.5,\sigma v'=1} = F[(N_1)_{60}, FC]$$

Para la conveniencia matemática, esta correlación puede también ser expresada en términos de la equivalencia de arenas limpias  $(N_1)_{60CS}$ , que es obtenida usando la siguiente expresión:

$$(N_1)_{60CS} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60}$$

El ajuste realizado para la equivalencia de arenas limpias desarrollado por Iddris y Boulanger (2004,2008), se expresa como:

$$\Delta(N_1)_{60} = \exp\left(1.63 + \frac{9.7}{FC + 0.01} - \left(\frac{15.7}{FC + 0.01}\right)^2\right)$$

---

Finalmente, las últimas investigaciones realizadas por Boulanger e Idriss 2004, permiten obtener la expresión de la relación de resistencia cíclica CRR para un sismo de magnitud  $M=7.5$  y una presión efectiva de  $\sigma'_v = 1 \text{ atm} \sim 1 \text{ kg/cm}$ .

$$CRR_{M=7.5, \sigma'_v=1} = \exp\left(\frac{(N_1)_{60CS}}{14.1} + \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{126}\right)^2 - \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{23.6}\right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{25.4}\right)^4 - 2.8\right)$$

A continuación, de forma preliminar se detalla el análisis de licuación, en el cual se utilizó la descripción visual para obtener valores de %de fino y plasticidad, se puede visualizar que el suelo es potencialmente licuable, ya que en varios estratos el factor de seguridad es inferior a 1, es importante mencionar que este análisis se ejecutará nuevamente con los valores obtenidos en laboratorio y será presentado en la segunda versión de este informe.

**Parámetros**

Aceleración Peak	0.2
Magnitud Terremoto	7.5
Nivel Napa	1.0
Densidad Promedio sobre Nivel Napa(kN/m3)	16.0
Densidad Promedio bajo Nivel Napa(kN/m3)	15.8

**Tabla 21: Análisis preliminar de licuación de suelos.**

Prof(m)	Nº golpes	(%) Finos	IP	Tipo Suelo	Posibilidad de Licuación	s'vc (Ton/m2)	CN	(N)60	(N1)60	$\Delta(N1)60$	(N1)60-CS	rd	MSF	CSR	Cs	Ks	CRR	FS
1.0	18	37	14	SM	NL	1.6	1.70	12.8	NL	NL	100.0	0.99	1.00	0.13	-0.15	0.72	1.00	2.0
3.0	5	77	34	MH	NL	2.8	1.70	3.6	NL	NL	100.0	0.99	1.00	0.22	-0.15	0.81	1.00	2.0
5.0	100	50	14	ML-MH	NL	4.0	1.59	71.3	NL	NL	100.0	0.99	1.00	0.26	-0.15	0.86	1.00	2.0
6.0	21	17	0	SM	EVALUAR	4.6	1.48	17.0	25.1	3.85	29.0	0.99	1.00	0.27	0.19	1.10	0.47	1.8
7.0	14	17	0	SM	EVALUAR	5.2	1.39	11.3	15.8	3.85	19.6	0.99	1.00	0.27	0.13	1.09	0.22	0.8
8.0	25	17	0	SM	EVALUAR	5.8	1.32	22.6	29.8	3.85	33.6	0.99	1.00	0.28	0.24	1.10	0.93	2.0
9.0	15	17	0	SM	EVALUAR	6.4	1.26	13.5	17.0	3.85	20.9	0.99	1.00	0.29	0.14	1.06	0.23	0.8
10.0	27	16	0	SM	EVALUAR	7.0	1.20	25.7	30.8	3.58	34.4	0.91	1.00	0.27	0.25	1.09	1.00	2.0

11.0	22	16	0	SM	EVALUAR	7.6	1.15	20.9	24.1	3.58	27.7	0.88	1.00	0.26	0.18	1.05	0.39	1.5
12.0	32	16	0	SM	EVALUAR	8.2	1.11	30.4	33.7	3.58	37.3	0.85	1.00	0.26	0.30	1.06	1.00	2.0
13.0	21	16	0	SM	EVALUAR	8.8	1.07	20.0	21.4	3.58	24.9	0.83	1.00	0.25	0.16	1.02	0.29	1.2
14.0	23	16	0	SM	EVALUAR	9.4	1.04	21.9	22.6	3.58	26.2	0.80	1.00	0.25	0.17	1.01	0.33	1.3
15.0	28	14	0	SP	EVALUAR	10.0	1.00	26.6	26.7	2.91	29.6	0.77	1.00	0.24	0.20	1.0000	0.46	1.9
16.0	35	14	0	SP	EVALUAR	10.6	0.98	33.3	32.5	2.91	35.4	0.75	1.00	0.23	0.27	0.98	1.00	2.0
17.0	47	14	0	SP	EVALUAR	11.2	0.95	44.7	42.4	2.91	45.3	0.72	1.00	0.22	0.30	0.97	1.00	2.0

Cabe mencionar además que diversos autores señalan criterios para definir si suelos finos pueden licuar, dentro de los cuales podemos mencionar:

Boulanger and Idriss (2004 y 2006) Lograron categorizar los suelos en dos tipos: tipo arena y arcilla. Los suelos finos con índice plástico mayor o igual 7%, presentan un comportamiento similar al de una arcilla, incluye los suelos de transición y los suelos arcillosos de baja plasticidad. Si un suelo es categorizado como arcilla o limo de baja plasticidad, el suelo se puede categorizar como tipo arcilla si el índice plástico es mayor o igual a 5. Los suelos que se espera que cumplan con los criterios anteriores pueden exhibir ablandamiento cíclico durante el terremoto de análisis. Los suelos que no presentan los criterios anteriores se consideran que pueden mostrar un comportamiento similar a la arena. (Ross W. Boulanger & and I. M. Idriss, 2006).

Youd (1998) Propuso que todo suelo que fuese clasificado como arcilla según USCS no sufriría licuación; mientras que los suelos con límite líquido menor a 35%, al ser graficados debajo de la línea A de la gráfica WL vs IP de Casagrande como ML OL, o con un índice plástico menor a 7%, tendrían potencial de licuación.

Por lo tanto, en este caso tras el análisis de licuación, es posible observar que para el Sondaje 1, existe probabilidad de licuación a los 7 y 9 metros ya que el factor de seguridad es inferior a 1.1. Es importante mencionar que este análisis se realizó con el conocimiento de la napa en la fecha que se ejecutó el sondaje, por lo cual se desconoce el comportamiento de esta en otros periodos.

## 7 CONCLUSIONES.

De los ensayos ejecutados se obtiene con respecto al sondaje 1 que hay presencia de Limos (MH, ML) y arenas (SM, SP-SM), con humedades entre 56.2 y 57.6 % en el caso de los limos, mientras que en las arenas las humedades están entre 16.0 y 30.2 %, densidad de partículas sólidas entre 2.48 y 2.72 (g/m<sup>3</sup>), ángulo de fricción interna para el caso del Limo es superior a 27° y cohesión de 2.31 kPa, mientras que en las arenas el ángulo es de 35° y cohesión de 0.89 kPa, módulo de Poisson de 0.35 y 0.30 (Ton/m<sup>2</sup>) respectivamente, de acuerdo con el **DS N°61 – 2011 del MINVU** el suelo clasifica como suelo **Tipo F**.

Además, se deberá considerar en diseño posterior de estructura que al presentar riesgo de licuación, las soluciones de fundaciones deberán ser orientadas a mitigar dicho efecto, desde ya se sugiere la utilización de pilotes preexcavados de hormigón armado, que traspasen los 9 m de profundidad o pilas de gravas hasta una profundidad de 12m.

---

## 8 REFERENCIAS.

Carta Geológica del de Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Valdivia (Base Geológica) 1:100.000, SERNAGEOMIN (2005).NCh. 1508. Of 2014. Geotecnia – Estudio de mecánica de suelos. INN, Santiago, Chile.

Decreto Supremo N°61 fecha 13/12/2011 MINVU.

NCh. 433 of 96. Modificada 2012. INN, Santiago, Chile.

Villalobos, F. Mecánica de Suelos: Segunda Edición. Ediciones UCSC.

Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Braja M. Das. Séptima Edición, 2012.

  
Firmado digitalmente por  
DANIELA ANDREA  
RAMIREZ CISTERNA  
Fecha: 2021.08.16  
Ingeniero Civil Obras Cívicas -04'00'

## **INFORME DE ESTUDIO SÍSMICO**

# **ESTUDIOS BASE Y CABIDA VALDIVIA SNPC PROYECTO NUEVA BIBLIOTECA VALDIVIA COMUNA DE VALDIVIA – REGIÓN DE LOS RÍOS**

**11 DE AGOSTO DE 2021**

<b>OBRA</b>	ESTUDIOS BASE Y CABIDA VALDIVIA SNPC			
<b>UBICACIÓN</b>	RAMON PICARTE, COMUNA DE VALDIVIA, REGIÓN DE LOS RÍOS			
<b>SOLICITADO POR</b>	FRANCISCO PRADO			
<b>MANDANTE</b>	TANDEM LIMITADA			
<b>INFORME</b>	<b>FECHA</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>PREPARO</b>	<b>REVISO</b>
MANDANTE	11-08-2021	1	FRB	DRC

## INDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>ANTECEDENTES.</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGÍA.</b> .....	<b>7</b>
5.1	Elementos utilizados. ....	7
5.2	Campaña de terreno .....	7
5.3	Cálculo del VS <sub>30</sub> .....	11
<b>6</b>	<b>EJECUCIÓN DEL ESTUDIO.</b> .....	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES.</b> .....	<b>19</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Clasificación sísmica del terreno de fundación, según D.S. N°61 – 2011 del MINVU. ....	4
Tabla 2:	Coordenadas Perfiles y Fuentes activas.....	10
Tabla 3:	Obtención de Vs30 para el Arreglo 1. ....	17
Tabla 4:	Obtención de Vs30 para el Arreglo 2. ....	17

## INDICE DE IMAGENES

Imagen 1:	Emplazamiento del proyecto. ....	6
Imagen 2:	Disposición Arreglo 1, 46 m de longitud con dirección NE – SO. ....	8
Imagen 3:	Disposición Arreglo 2, 69 m de longitud con dirección NO - SE.....	9
Imagen 4:	Ubicación arreglos 1 y 2.....	9
Imagen 5:	Curva de dispersión representativa para el arreglo 1, fuente activa (MASW). ....	11
Imagen 6:	Curva de dispersión representativa para el arreglo 1, (Combinado). ....	12
Imagen 7:	Curva de dispersión representativa para el arreglo 1, fuente pasiva (ReMi). ....	12
Imagen 8:	Curva de dispersión representativa para el arreglo 2, fuente pasiva (MASW). ....	13
Imagen 9:	Curva de dispersión representativa para el arreglo 2, (Combinado). ....	13
Imagen 10:	Curva de dispersión representativa para el arreglo 2, fuente pasiva (ReMi). ....	14
Imagen 11:	Perfil de velocidades de ondas de corte en base a ensayos activos (rojo), pasivos (azul) y combinados (naranjos) del arreglo 1. ....	15
Imagen 12:	Perfil de velocidades de ondas de corte en base a ensayos activos (rojo), pasivos (azul) y combinados (naranjos) del arreglo 2. ....	16
Imagen 13:	Perfiles de velocidad de onda de corte en profundidad. ....	18

---

## 1 INTRODUCCIÓN.

Con respecto al diseño sísmico de edificios, a partir del sismo que afectó a un sector extenso de la zona centro-sur del país, ocurrido el 27 de febrero de 2010, en un área que se extiende aproximadamente desde la Península de Arauco por el sur hasta el norte de Pichilemu, cubriendo unos 450 KM de longitud en dirección norte-sur, por un ancho de 160 KM, siendo el terremoto de mayor magnitud (Mw 8.8), desde el terremoto de Valdivia de 1960 (Mw 9.5) y uno de los más grande registrados en el mundo, algunas de las normativas existentes sufrieron modificaciones, como es el caso de la norma NCh.433.of.96.mod2009.

El 14 de febrero de 2011, se promulgó oficialmente el decreto de emergencia D.S. 117 el cual complementaba y modificaba la norma NCh 433 of 96 mod2009, fundamentalmente la clasificación sísmica del suelo. Debido a que, durante la formulación de este decreto, solo se contaba con información parcial de las causas y consecuencias originadas por el terremoto, la Secretaria de Estado estimó necesario convocar a un panel de expertos en materias relativas al diseño sísmico para ajustar estándares de seguridad, a raíz de lo cual en diciembre de 2011 se publicó en el Diario Oficial el D.S 61, que vendría a reemplazar al D.S 117.

Dentro de las modificaciones y complementos incluidos en el D.S 61, se encuentra una nueva clasificación de suelos, la cual estipula en su Artículo 5°, que la respuesta sísmica en superficie de un depósito de suelo y la sollicitación sísmica que se desarrolla sobre una estructura emplazada en dicho depósito son principalmente dependientes de la rigidez a bajas deformaciones de los estratos superiores del terreno de fundación, del período fundamental del depósito de suelos, del nivel de amortiguamiento desarrollado por los distintos suelos constituyentes del terreno y de la excitación sísmica propiamente tal. Centrando como parámetro relevante para la clasificación sísmica de los suelos, la velocidad de ondas de corte promedio de los primeros 30 metros del terreno ( $V_{S30}$ ). Si bien la velocidad de ondas de corte estaba presente en la clasificación sísmica del suelo de la norma NCh 433 of 96 mod 2009 (específicamente en los suelos que clasificaban como tipo I y II), su medición in-situ era poco frecuente.

Actualmente la normativa sísmica vigente para el diseño sísmico de edificios corresponde al decreto supremo **D.S. N°61 – 2011 MINVU**, la cual es indicada en la Tabla 1.

**Tabla 1: Clasificación sísmica del terreno de fundación, según D.S. N°61 – 2011 del MINVU.**

Suelo Tipo		Vs30 [m/s]	RQD	qu [MPa]	N1 [golpes/pie]	Su [MPa]
<b>A</b>	Roca, suelo cementado	≥ 900	≥ 50%	≥ 10 ( $\epsilon_{qu} \leq 2\%$ )		
<b>B</b>	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500		≥ 0,40 ( $\epsilon_{qu} \leq 2\%$ )	≥ 50	
<b>C</b>	Suelo denso o firme	≥ 350		≥ 0,30 ( $\epsilon_{qu} \leq 2\%$ )	≥ 40	
<b>D</b>	Suelo medianamente denso o firme	≥ 180			≥ 30	≥ 0,05
<b>E</b>	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	< 180			≥ 20	< 0,05
<b>F</b>	Suelos Especiales	≥ 900			*	*

- **V<sub>s30</sub>** : Velocidad de ondas de corte promedio de los 30 metros superiores del terreno.
- **N<sub>1</sub>** : Índice de penetración estándar normalizado por presión de confinamiento de 0,1Mpa. Aplicable sólo a suelos que clasifican como arenas.
- **RQD** : Rock Quality Designation, según norma ASTM D 6032.
- **q<sub>u</sub>** : Resistencia a la compresión simple del suelo.
- **ε<sub>qu</sub>** : Deformación unitaria desarrollada cuando se alcanza la resistencia máxima en el ensayo de compresión simple.
- **S<sub>u</sub>** : Resistencia al corte no-drenada del suelo.

---

## 2 OBJETIVOS.

Los objetivos buscados en el presente informe corresponden a:

- Obtención de perfil de velocidades de onda de corte tanto en los 30 m superficiales, en base a información obtenida en campo.
- Determinación de clasificación sísmica en base a análisis de criterios exigidos en normativa vigente.

## 3 ANTECEDENTES.

Dentro de los antecedentes utilizados como base de información para el presente estudio se encuentran:

- Ishihara, K. (1996). Soil behaviour in earthquake geotechnics.
- Kvaerna, T. and F. Ringdahl (1986). Stability of various fk-estimation techniques, in Semiannual Technical Summary, 1 October 1985 - 31 March 1986, In NORSAR Scienti\_c Report, 1-86/87, Kjeller, Norway, 29-40.
- Lacoss, R. T., E. J. Kelly and M. N. Toksoz (1969). Estimation of seismic noise structure using arrays, Geophysics 34, 21-38.
- NCh. 2369 of 2003. INN, Santiago, Chile.
- NCh. 433 of 96. Modificada 2012. INN, Santiago, Chile.
- Sambridge, M. (1999). "Geophysical inversion with neighborhood algorithm - I. Searching the parameter space". Geophysical Journal International, 138, 479-494.
- Wathelet, M. (2008). "An improved neighborhood algorithm: parameter conditions and dynamic scaling". Geophysical Research Letters, 35, L09301.

#### 4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

Con motivo de realizar la clasificación sísmica del Terreno para el proyecto denominado “**Estudio base y cabida Valdivia SNPC**”, ubicado en la comuna de Valdivia, Región de Los Ríos. La ubicación del proyecto es indicada en la **Imagen 1**.

El estudio consistió en la medición de 2 perfiles sísmicos, de manera tal de obtener el parámetro Vs 30 mediante mediciones de micro-vibraciones ambientales y con fuente activa.



**Imagen 1: Emplazamiento del proyecto.**

---

## 5 METODOLOGÍA.

Para la obtención de la velocidad de ondas de corte promedio ( $V_s$ ), la normativa actual señala que este parámetro puede ser obtenido mediante los ensayos down-hole, cross-hole o sonda de suspensión, o a partir de mediciones de ondas superficiales Rayleigh, por métodos como SASW, MASW o ReMi, este último será el utilizado para este estudio.

### 5.1 ELEMENTOS UTILIZADOS.

Para obtener el perfil de velocidades de ondas de corte y el promedio de estas velocidades en los primeros 30 m ( $V_{s30}$ ). La metodología utilizada en terreno contempla la combinación de ensayos con fuente activa y pasiva, mediante la utilización de micro-tremores (ensayo pasivo).

Para la metodología activa y pasiva se utilizan arreglos 24 geófonos espaciados a distancias regulares de 3 m. Los elementos utilizados para los ensayos son los siguientes:

- Geófonos de 4.5 Hz (sensibilidad vertical)
- Línea de comunicación
- GPS
- Equipo colector de datos
- Software de recolección de datos

Además, se utilizan cintas métricas y otras herramientas menores para determinar la ubicación de los geófonos.

### 5.2 CAMPAÑA DE TERRENO

En la campaña geotécnica realizada el 20/07/2021, el terreno en el cual se encuentra emplazado el proyecto se encuentra con abundante vegetación y residuos inorgánicos, el cual impide la distribución de los arreglos, los cuales deben contemplar una topografía regular y sin pendientes pronunciadas que superen el 2%. Además, existen extensiones del terreno anegados que acotan el espacio aún más, pues no es recomendable instalar los geófonos sobre zonas de deposición de aguas.

La descripción de los tendidos se presenta a continuación:

- Tendido 1 con 24 geófonos espaciados a 3 m y 69 m de longitud.
- Tendido 2 con 24 geófonos espaciados a 3 m y 69 m de longitud.

---

Existe una similitud en la ejecución de ensayo por método pasivo y activo, lo cual se detalla a continuación:

- Determinación del lugar en que se instalará el arreglo
- Instalación de los equipos
- Recolección de datos en terreno
- Determinación de la curva de dispersión
- Determinación del perfil estratigráfico
- Determinación del perfil de ondas de corte

En el método activo, para obtener los datos se aplica un golpe en el terreno mediante un mazo o martillo de 20 libras. En cambio, en el caso pasivo se miden vibraciones ambientales por periodos de 40 segundos. También se utiliza la combinación de ambos métodos en registros de 20 segundos.

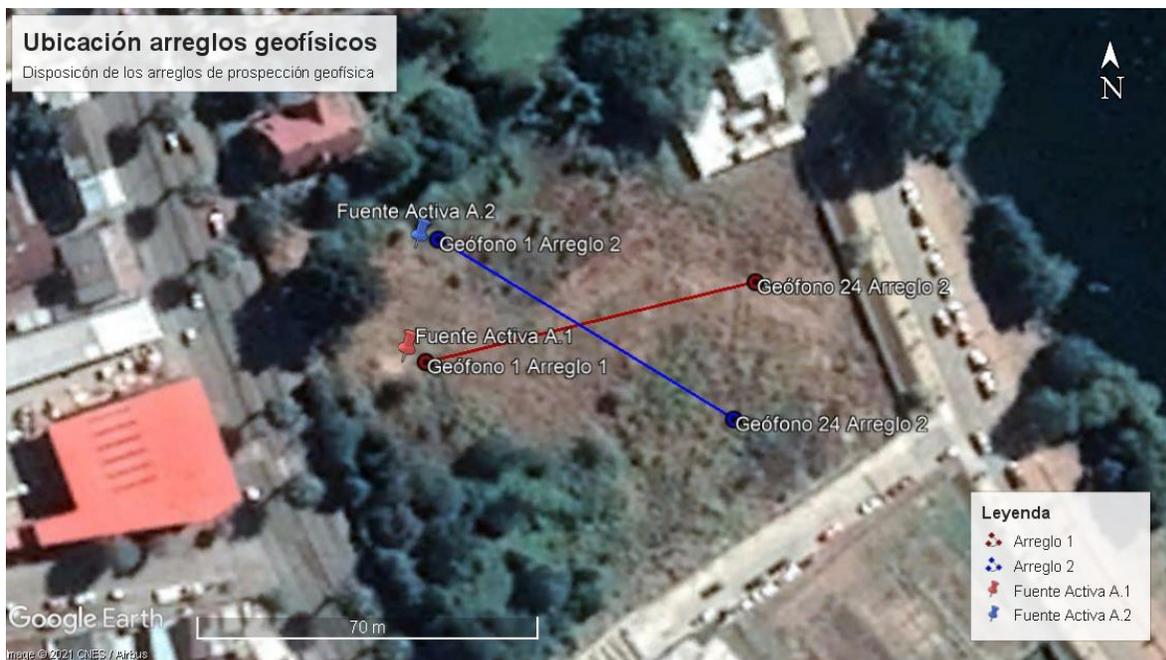
Las Imágenes 2 y 3 muestra una imagen de los arreglos dispuestos en terreno, mientras que en la Imagen 4 se ve la distribución de los arreglos mediante el programa Google Earth.



**Imagen 2: Disposición Arreglo 1, 69 m de longitud con dirección OSO – ENE.**



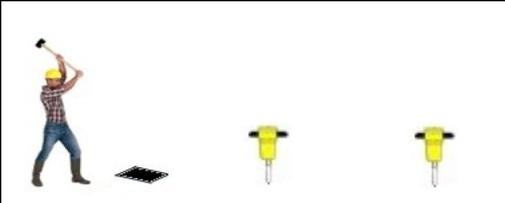
**Imagen 3: Disposición Arreglo 2, 69 m de longitud con dirección NO - SE.**



**Imagen 4: Ubicación arreglos 1 y 2.**

A continuación, se presenta la tabla de coordenadas de geófonos iniciales y finales de cada arreglo en conjunto con sus fuentes activas.

**Tabla 2: Coordenadas Perfiles y Fuentes activas.**

Coordenadas UTM WGS 84 H18				
Ubicación Geófonos		Fuente Activa	Geófono 1	Geófono 24
<b>Arreglo 1</b>	Este	651596	651601	651669
	Norte	5590450	5590450	5590465
	Cota (m.s.n.m)	8	6	9
	Separación geofónica cada 3 metros			
Ubicación Geófonos		Fuente Activa	Geófono 1	Geófono 24
<b>Arreglo 2</b>	Este	651599	651604	651664
	Norte	5590473	5590475	5590437
	Cota (m.s.n.m)	5	6	4
	Separación geofónica cada 3 metros			

Una vez finalizado el ensayo, mediante el software de procesamiento de datos Park Seis se pueden analizar ambos ensayos activo y pasivo, por separado y en conjunto. Esto permite la determinación de la curva de dispersión y, consecuentemente, la estimación del perfil de ondas de corte. El método utilizado para la obtención de la curva de dispersión es el análisis de frecuencia – número de onda (i.e., F-K) propuestos por Lacoss et. al 1969 y Kvaerna & Ringdahl 1986.

A partir de la curva de dispersión lograda con F-K, es posible obtener el perfil de velocidades de ondas de corte a través de la inversión de la curva de dispersión, mediante el algoritmo del vecindario (Sambridge, 1999), el cual expone la exploración exhaustiva de las combinaciones de los parámetros (Wathelet, 2008).

### 5.3 CÁLCULO DEL VS<sub>30</sub>

El VS<sub>30</sub> corresponde al promedio de la velocidad de ondas de corte en los primeros 30 m y se obtiene a partir de la siguiente expresión (promedio armónico):

$$V_{SH} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{si}}} \quad (1)$$

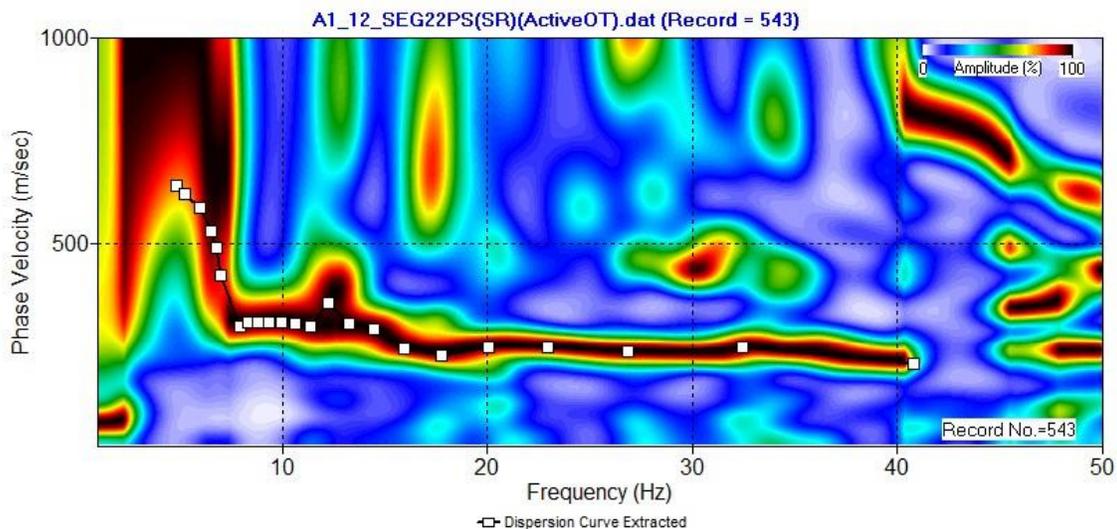
Donde  $V_{SH}$  es la velocidad de ondas de corte promedio en los primeros H metros,  $V_{si}$  es la velocidad de ondas de corte del estrato i en m/s,  $h_i$  es el espesor del estrato i en metros y n la cantidad de estratos existentes entre la cota de terreno y los H metros. En este caso, para la obtención del VS<sub>30</sub>, H es igual a 30 m.

## 6 EJECUCIÓN DEL ESTUDIO.

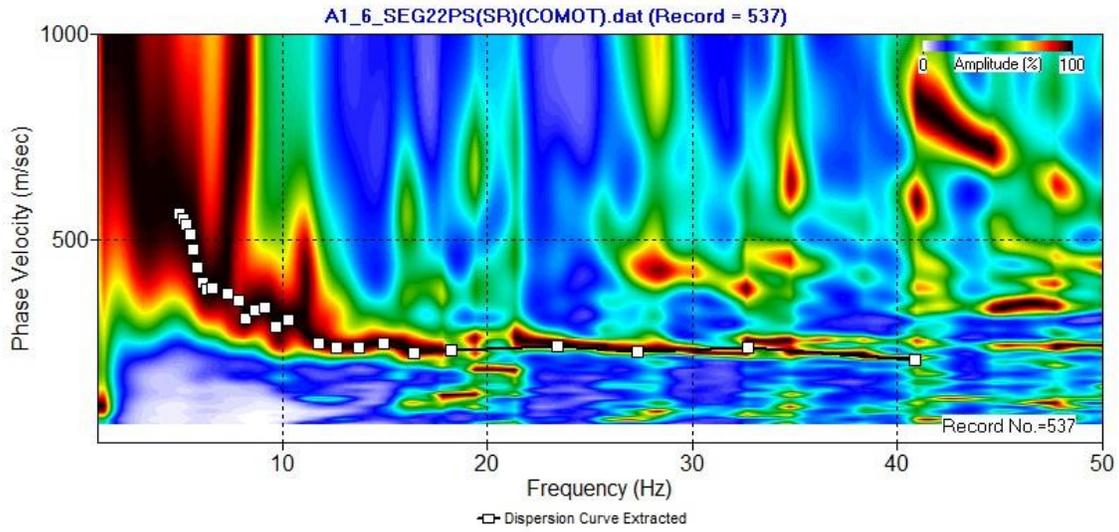
Para cada ensayo realizado se obtiene una curva de dispersión, la cual muestra la relación entre las frecuencias de las ondas y su velocidad de fase. Se analizan diferentes espectros para obtener la curva de dispersión definitiva.

La curva de dispersión representa la respuesta dinámica del suelo y al invertirla se obtiene su estratigrafía estimada.

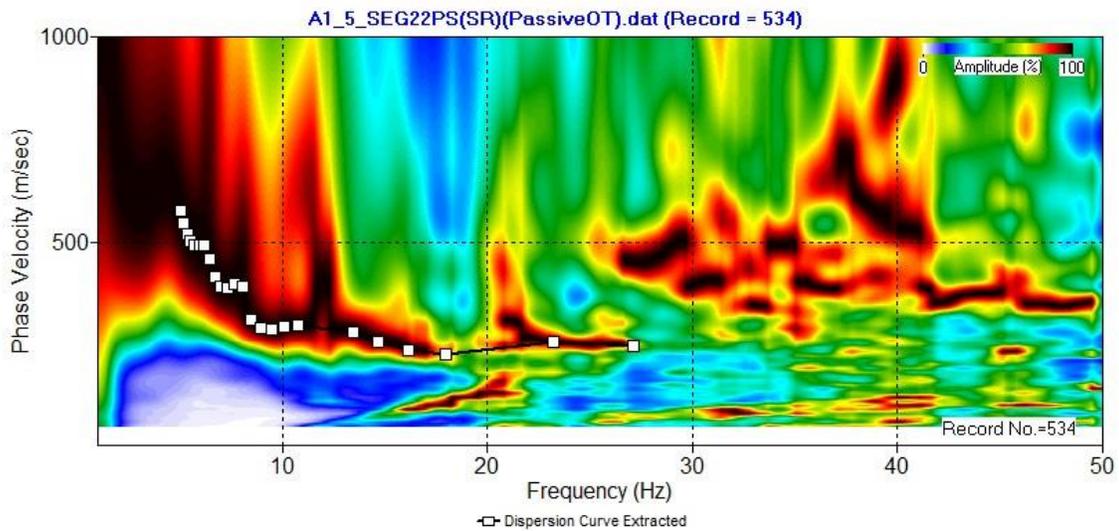
En las siguientes imágenes se entregan las curvas de dispersión más representativas para los distintos arreglos realizados.



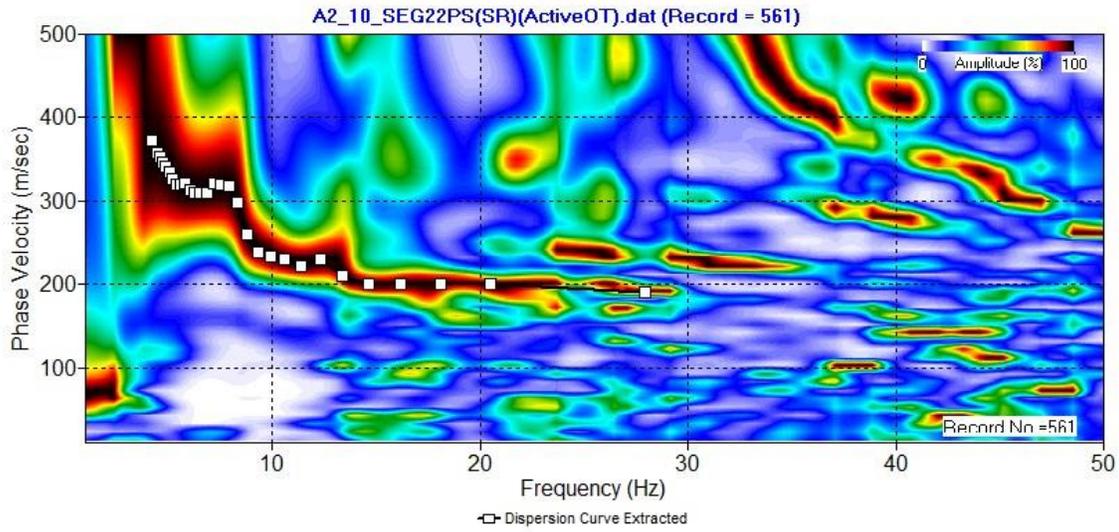
**Imagen 5: Curva de dispersión representativa para el arreglo 1, fuente activa (MASW).**



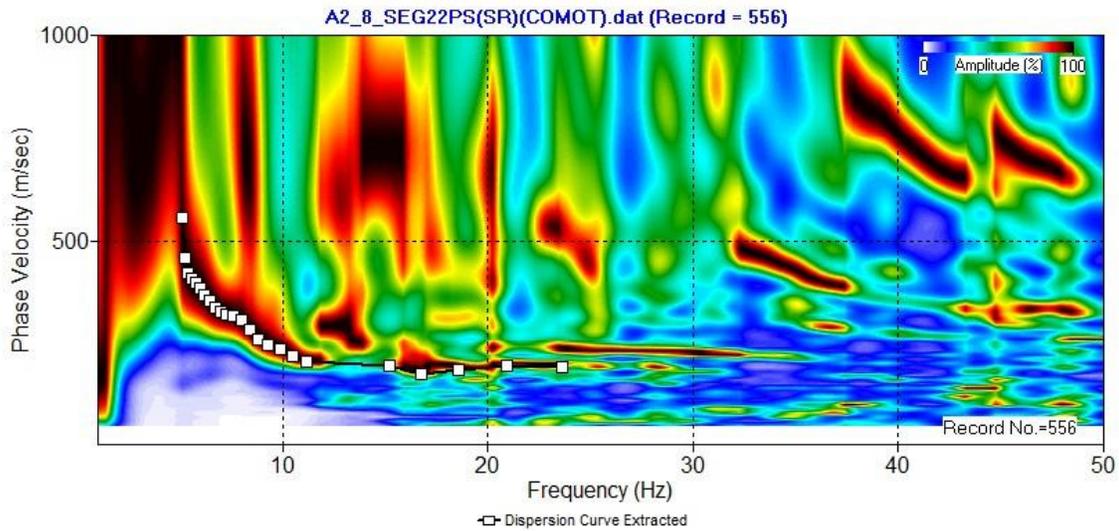
**Imagen 6: Curva de dispersión representativa para el arreglo 1, (Combinado).**



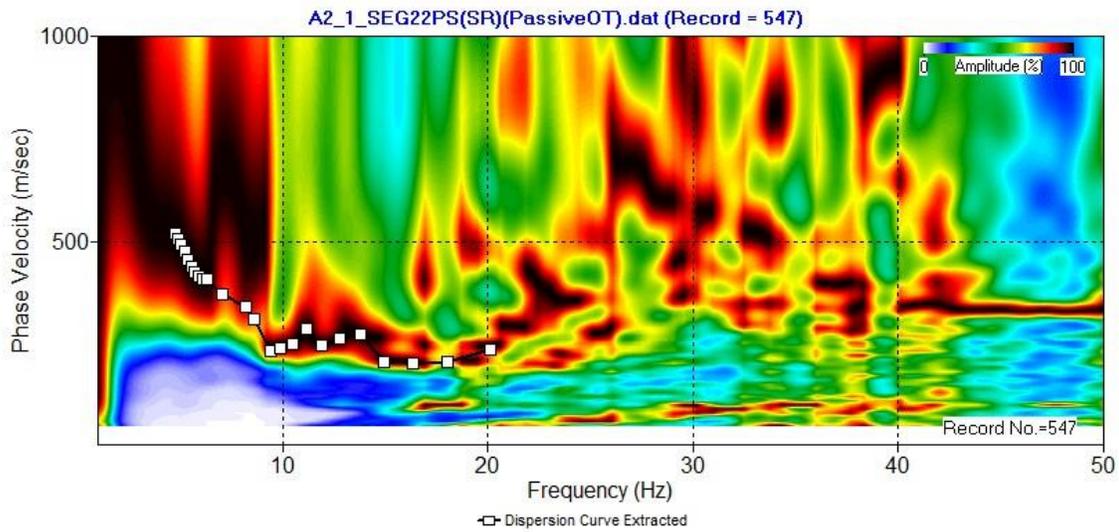
**Imagen 7: Curva de dispersión representativa para el arreglo 1, fuente pasiva (ReMi).**



**Imagen 8: Curva de dispersión representativa para el arreglo 2, fuente pasiva (MASW).**

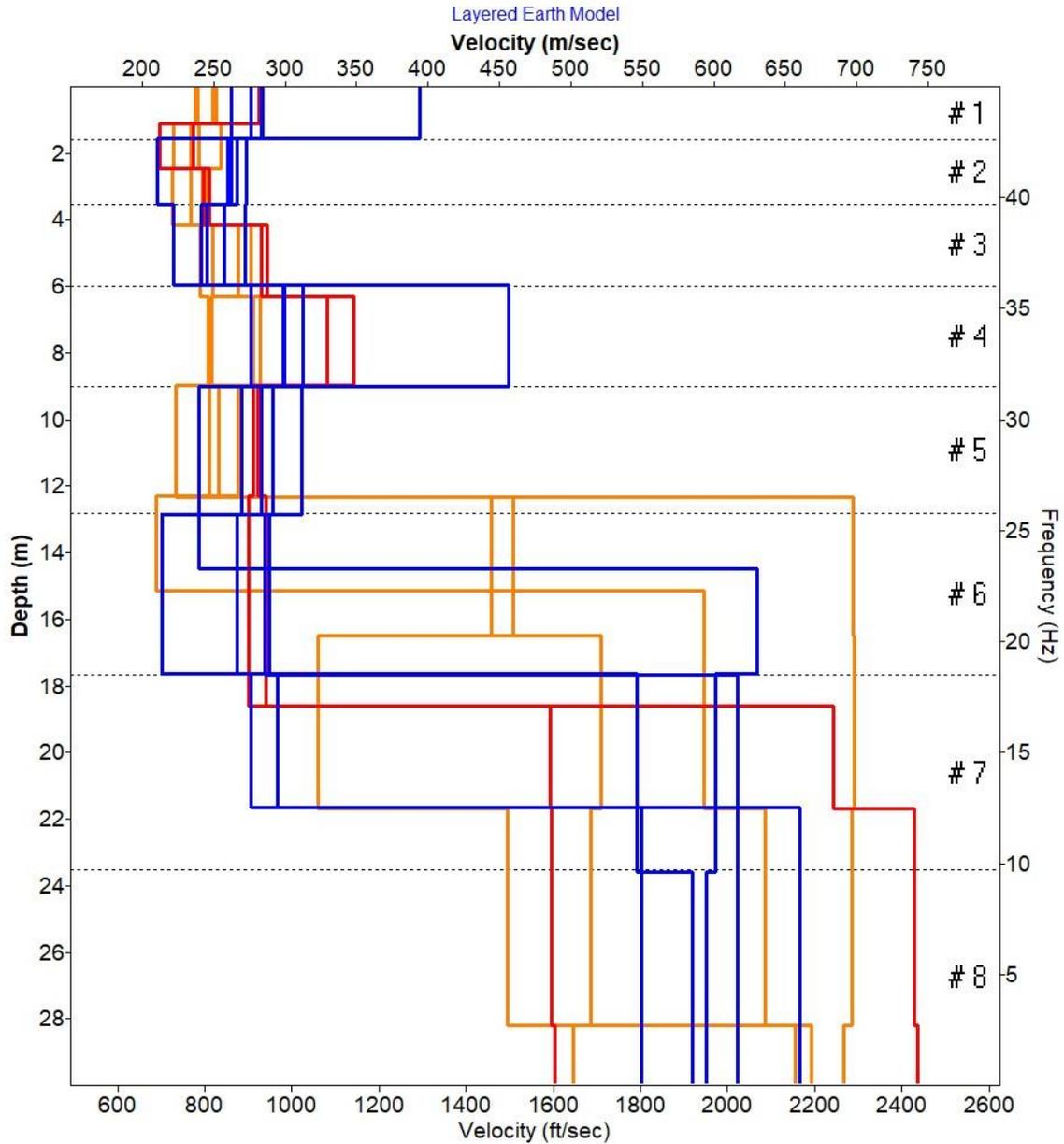


**Imagen 9: Curva de dispersión representativa para el arreglo 2, (Combinado).**

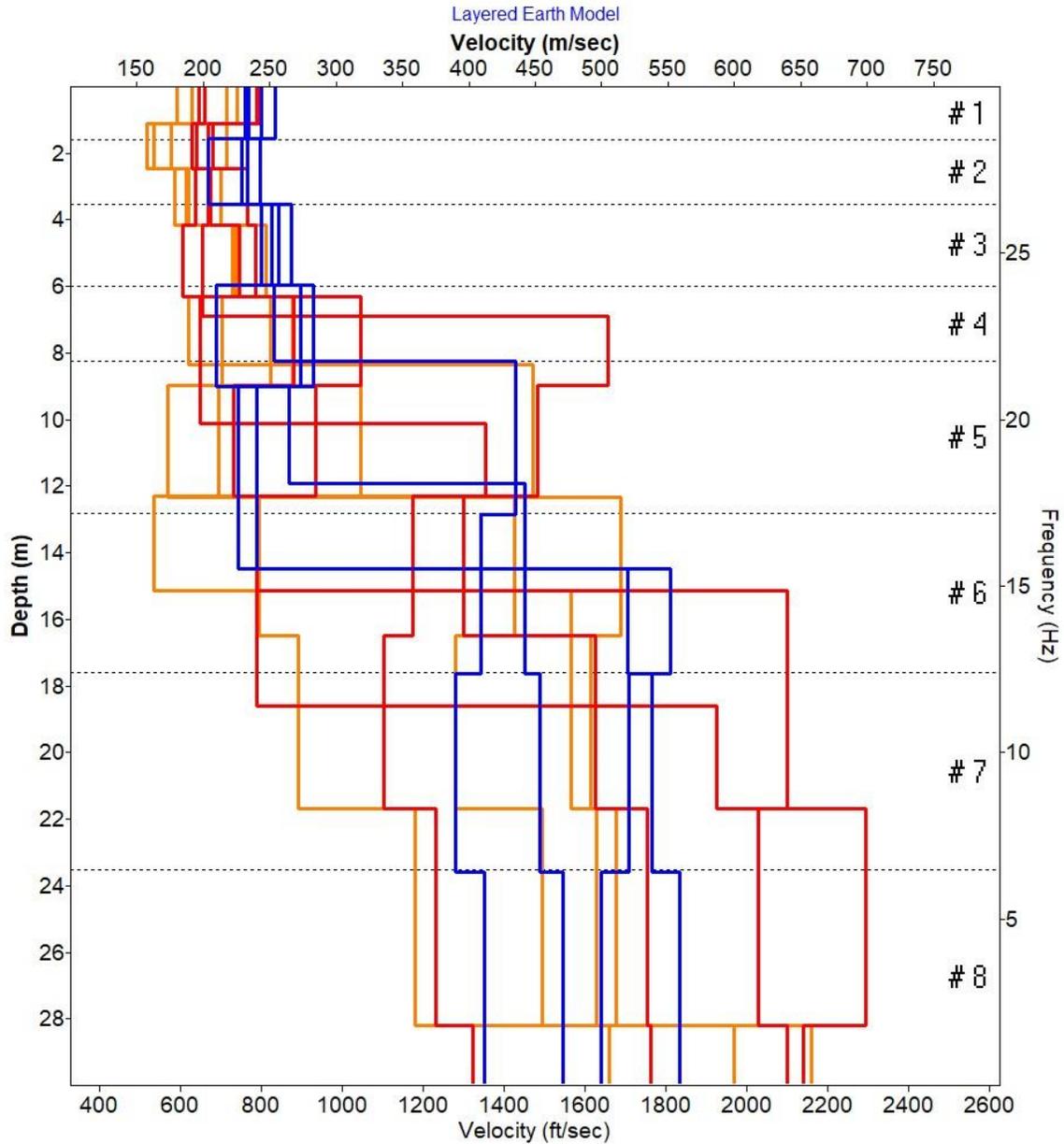


**Imagen 10: Curva de dispersión representativa para el arreglo 2, fuente pasiva (ReMi).**

Posteriormente a partir de la inversión de las curvas de dispersión se obtienen los perfiles de velocidades de ondas de corte para cada caso, estos representan las distintas iteraciones realizadas en terreno. A continuación, se puede visualizar el perfil de velocidades de onda de corte del Arreglo 1 en la Imagen 11 y para el Arreglo 2 en la Imagen 12.



**Imagen 11: Perfil de velocidades de ondas de corte en base a ensayos activos (rojo), pasivos (azul) y combinados (naranjos) del arreglo 1.**



**Imagen 12: Perfil de velocidades de ondas de corte en base a ensayos activos (rojo), pasivos (azul) y combinados (naranjos) del arreglo 2.**

A partir de los diferentes datos analizados se selecciona un perfil característico para cada arreglo, priorizando en los metros más superficiales los ensayos activos y combinados, mientras que en los más profundos los ensayos pasivos (REMI), donde se hace un promedio de todas las iteraciones considerando principalmente los casos más desfavorables, con las cuales se obtiene la velocidad de onda de corte Vs30, las cuales se pueden visualizar en las siguientes tablas.

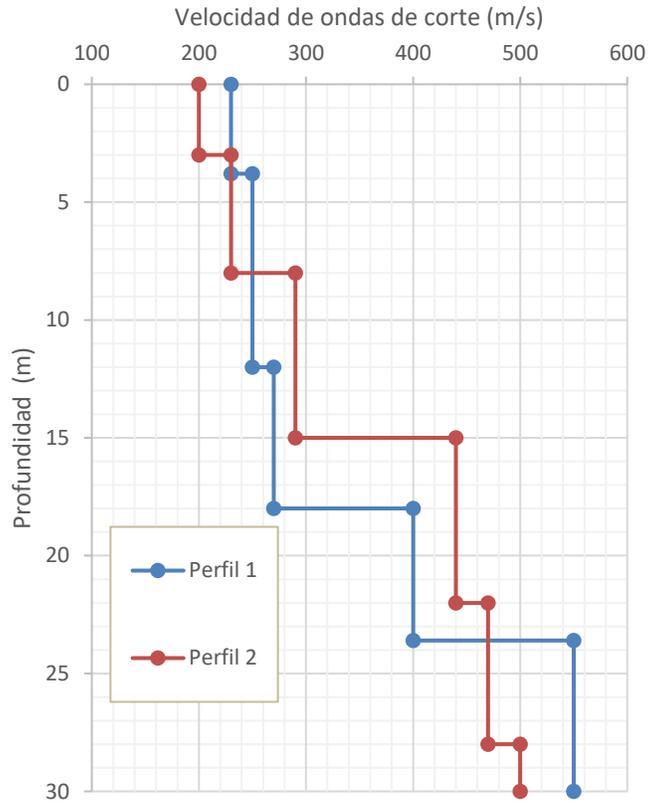
**Tabla 3: Obtención de Vs30 para el Arreglo 1.**

Horizonte	Prof. Ini.	Prof. Final	Espesor (H)	Vs	H/Vs	Vs30
[-]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[s]	[m/s]
H1	0,0	3,8	3,8	230	0,017	309
H2	3,8	12,0	8,2	250	0,033	
H3	12,0	18,0	6,0	270	0,022	
H4	18,0	23,6	5,6	400	0,014	
H5	23,6	30,0	6,4	550	0,012	
Suma			30,0		0,097	

**Tabla 4: Obtención de Vs30 para el Arreglo 2.**

Horizonte	Prof. Ini.	Prof. Final	Espesor (H)	Vs	H/Vs	Vs30
[-]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[s]	[m/s]
H1	0,0	3,0	3,0	200	0,015	321
H2	3,0	8,0	5,0	230	0,022	
H3	8,0	15,0	7,0	290	0,024	
H4	15,0	22,0	7,0	440	0,016	
H5	22,0	28,0	6,0	470	0,013	
H6	28,0	30,0	2,0	500	0,004	
Suma			30,0		0,094	

Finalmente, la Imagen 13 muestra los perfiles de onda de corte seleccionados para el arreglo 1 y 2.



**Imagen 13: Perfiles de velocidad de onda de corte en profundidad.**

---

## 7 CONCLUSIONES.

Dado que las estructuras consideradas corresponden a estructuras destinadas a uso residencial, la clasificación sísmica del suelo de fundación será de acuerdo con lo dispuesto en el DS N°61 – 2011 del MINVU.

Al analizar el Vs30, en ambos perfiles se alcanzaron velocidades de onda de corte superiores a 180m/s y su resistencia a la compresión simple es inferior a 0.05 MPa, por lo que el suelo solo considerando lo anterior clasificaría como suelo tipo E, pero al realizar el análisis de licuación de suelo, se concluye el que suelo tiene riesgo de licuación a los 7 y 9 metros de profundidad.

Dado lo anteriormente expuesto el suelo de acuerdo con el DS N°61 – 2011 del MINVU, el suelo clasifica como SUELO TIPO F, por lo que se requiere un análisis de riesgo sísmico.

Firmado  
digitalmente por  
DANIELA ANDREA  
RAMIREZ CISTERNA  
Fecha: 2021.08.16



---

DANIELA RAMIREZ CISTERNA.  
INGENIERO CIVIL

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Laboratorio Oficial de Control Técnico de Calidad de Construcción, según Resolución Exenta N° 3983 del 02 de Noviembre de 2020

Informe de Ensayo N°	: 2000
Correlativo de proyecto	: PR-305
Correlativo de Obra N°	: 1
Correlativo SERVIU N°	: -
Proyecto u Obra	: Estudios base y cabida Valdivia SNPC
Dirección de la Obra	: Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia, Región de Los Ríos

Mandante	: Tandem Ltda.
Solicitado por	: Francisco Prado
Dirección Mandante	: Eleodoro Yañez N°2712, Comuna de Providencia, Región Metropolitana

Personal a cargo muestreo	: Daniel Torres
Lugar de realización de los ensayos	: Laboratorio GH Lab - Carlos Sanhueza S/N, Localidad de Cajón, Comuna de Vilcún, Región de La Araucanía

Fecha de Muestreo	: 13-07-2021	Fecha de Término de Ensayos	: 10-08-2021
Fecha de Recepción	: 17-07-2021	Fecha de Emisión de Informe	: 10-08-2021
Fecha de Inicio de Ensayos	: 04-08-2021		

### 1.- Documentación utilizada

Ensayos ejecutados	Cantidad
- Análisis Granulométrico de materiales (MC V8-8102.1/2015)	8
- Límites de consistencia (NCh1517/1 y /2 Of79)	8
- Clasificación de suelos (ASTM D-2487-11) (*)	8
- Densidad de partículas sólidas (NCh1532.Of80)	8
- Humedad natural (NCh1515.Of79)	8
- Ensayo de Proctor Modificado (NCh1534/2 Of.79)	2
- Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio C.B.R. (NCh 1852 OF.1981.)	2
- Método de ensayo para resistencia a la Compresión No Confinada de suelo cohesivo (ASTM D2166/D2166M - 16)	4
- Perfil estratigráfico según Manual de Carreteras, volumen 2, art. 2.503.3 (*)	6
- Infiltración Metodo Porchet, Según Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos, Punto 3.2.2.b.	1
- Densidad en Terreno, Método del Cono de Arena (NCh 1516.Of1979)	4
- Determinación de la densidad relativa (ASTM D4253 – ASTM D4254/2016)	1

### 2.- Identificación de las muestras recepcionadas y ensayadas

N° de Identificación	Identificación	Tipo de Muestra	Recibida	Ensayada
4717	Calicata N°1, H-2, Cota (m) 0,80	P/NP	X	X
4718	Calicata N°1, H-3, Cota (m) 3,50	P	X	X
4719	Calicata N°2, H-2, Cota (m) 1,20	P/NP	X	X
4778	Calicata N°3, H-2, Cota (m) 0,70	P	X	X
4720	Calicata N°3, H-3, Cota (m) 1,60	P/NP	X	X
4721	Calicata N°4, H-3, Cota (m) 1,50	P/NP	X	X
4779	Calicata N°5, H-2, Cota (m) 1,00	P	X	X
4722	Calicata N°5, H-3, Cota (m) 1,50	P/NP	X	X
4723	Calicata N°6, H-2, Cota (m) 0,90	P/NP	X	X
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

La descripción del tipo de muestra corresponde a:

P	: Muestra perturbada	SH	: Muestra obtenida por medio de tubo Shelby
NP	: Muestra no Perturbada	CN	: Muestra obtenida por medio de cuchara normal
CD	: Muestra obtenida por medio de corona diamantada.	ET	: Ensaye en Terreno

**3.- Observaciones o comentarios**

**HECTOR IVAN  
CAYUN  
MORALES**

Firmado digitalmente por  
HECTOR IVAN CAYUN  
MORALES  
Fecha: 2021.08.11 18:15:31  
-04'00'

---

*Héctor Cayún M.  
Constructor Civil  
Jefe de Laboratorio*

- 1.- Este documento contiene los resultados de ensayos realizados con total apego a la normativa vigente. Los mismos, han sido realizados por personal técnico idóneo y capacitado, el cual es considerado competente e imparcial, quienes hacen su mejor esfuerzo para entregar resultados confiables.
- 2.- Con la entrega de los resultados en ningún caso se releva al solicitante o ejecutor de la obra de la responsabilidad que implica la utilización de los materiales por el entregados.
- 3.- Los resultados informados, se relacionan unicamente con los ítems sometidos a ensayo.
- 4.- Laboratorio GH Spa declara que su responsabilidad termina con la entrega de los informes de ensayo solicitados y no asumirá responsabilidades económicas que excedan de los montos facturados por los servicios.
- 5.- El uso, alcance o valor técnico que se de al presente documento, no podrá ser otro que aquel expresamente establecido en su texto como Laboratorio de ensayo.
- 6.- GH Lab Spa no emite opiniones ni interpretaciones sobre los materiales ensayados.
- 7.- El presente documento no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la autorización escrita del laboratorio.
- 8.- Para dar cumplimiento al D.S. N.º 10 (Vivienda y Urbanismo) promulgado el 15 de Enero de 2002 informamos a Ud. que el laboratorio debe enviar mensualmente al SERVIU de la región que corresponda, copia de todos los informes de ensayo realizados en obras de su Jurisdicción.
- 9.- (\*) Ensayo no incluido dentro del alcance de la acreditación INN.
- 10.- Laboratorio Oficial de Control Técnico de Calidad de Construcción, según Resolución Exenta N° 3983 del 02 de Noviembre de 2020

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Perfil estratigráfico según Manual de Carreteras, volumen 2, art. 2.503.2

Informe de Ensayo N° : 2.000  
 Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
 Mandante : Tandem Ltda.  
 Calicata N° : P-1  
 Ubicación (UTM) : Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.614 m E - 5.590.399m S  
 Napa de agua (m) : Se detecta a los 3,80 m.  
 Laboratorista : Daniel Torres  
 Condición Meteorológica : Nublado  
 Fecha de inspección : 13-jul

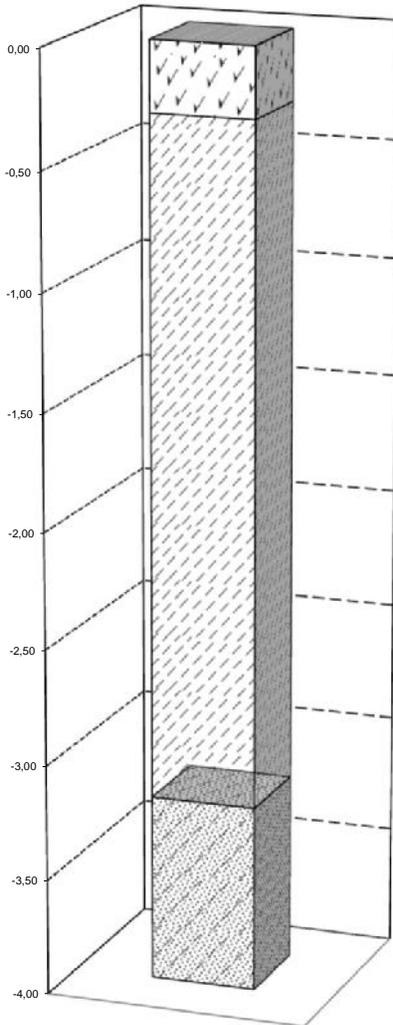
Profundidad (m)	Espesor Estrato (m)	Clasificación USCS estimada	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
0,00	0,30	-	Cobertura vegetal.
0,30	2,90	MH	Limo arcilloso con grava aisladas, clastos de cantos redondeados y sub-redondeados, tamaño máximo 2", color café rojizo, consistencia media, estructura homogénea, graduación estimada 10% de grava, 10% de arena, 88% de finos, humedad media, plasticidad media, presencia de raíces y raicillas abundantes a media sin olor.
3,20	0,80	SM	Arena algo limosa, color grisáceo, compacidad media a alta, estructura homogénea, graduación estimada 85% de arena, 15% de finos, humedad alta (en grado de saturación), plasticidad baja a ninguna, cementación débil a media, sin indicios de materia orgánica, sin olor.
4,00	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Nota:

(\*) Ensayo no incluido dentro del alcance de la acreditación INN.

**MONOGRAFÍAS DE CALICATA**

**PROYECTO:** Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
**MANDANTE:** Tandem Ltda.  
**CALICATA N°:** P-1  
**UBICACIÓN UTM:** Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.614 m E - 5.590.399m S



ESTRATIGRAFÍA			
ESTRATO	DE (m)	A (m)	CLASIFICACIÓN
1	0,00	0,30	-
2	0,30	3,20	MH
3	3,20	4,00	SM
4	-	-	-
5	-	-	-

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Perfil estratigráfico según Manual de Carreteras, volumen 2, art. 2.503.2

Informe de Ensayo N° : 2.000  
 Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
 Mandante : Tandem Ltda.  
 Calicata N° : P-2  
 Ubicación (UTM) : Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.596m E - 5.590.439 m S  
 Napa de agua (m) : Se detecta a los 1,20 m.  
 Laboratorista : Daniel Torres  
 Condición Meteorológica : Nublado  
 Fecha de inspección : 13-jul

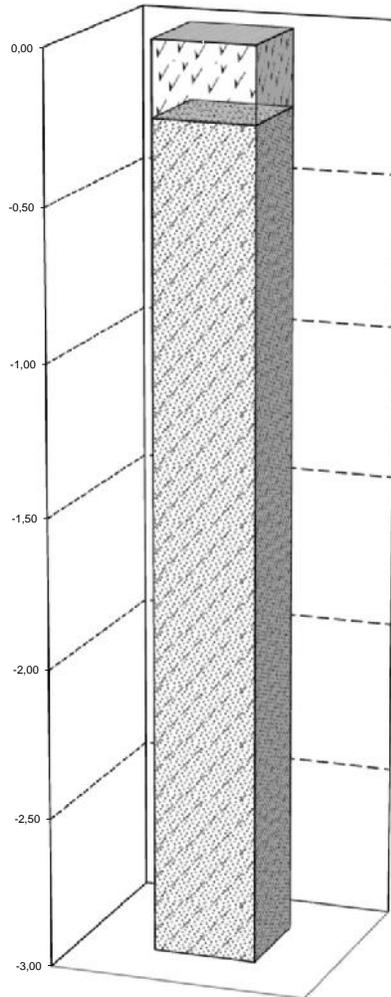
Profundidad (m)	Espesor Estrato (m)	Clasificación USCS estimada	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
0,00	0,25	-	Cobertura vegetal.
0,25	2,75	SP-SM	Arena algo limosa, color grisáceo oscuro, compacidad media a alta, estructura homogénea, graduación estimada 90% de arena, 10% de finos, humedad media a mojado bajo 1,20m (en grado de saturación), sin plasticidad, cementación media, sin indicios de materia orgánica, sin olor.
3,00	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Nota:

(\*) Ensayo no incluido dentro del alcance de la acreditación INN.

**MONOGRAFÍAS DE CALICATA**

**PROYECTO:** Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
**MANDANTE:** Tandem Ltda.  
**CALICATA N°:** P-2  
**UBICACIÓN UTM:** Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.596m E - 5.590.439 m S



<b>ESTRATIGRAFÍA</b>			
<i>ESTRATO</i>	<i>DE (m)</i>	<i>A (m)</i>	<i>CLASIFICACIÓN</i>
1	0,00	0,25	-
2	0,25	3,00	SP-SM
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Perfil estratigráfico según Manual de Carreteras, volumen 2, art. 2.503.2

Informe de Ensayo N° : 2.000  
 Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
 Mandante : Tandem Ltda.  
 Calicata N° : P-3  
 Ubicación (UTM) : Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.636m E - 5.590.454 m S  
 Napa de agua (m) : Se detecta a los 0,20 m.  
 Laboratorista : Daniel Torres  
 Condición Meteorológica : Despejado  
 Fecha de inspección : 13-jul

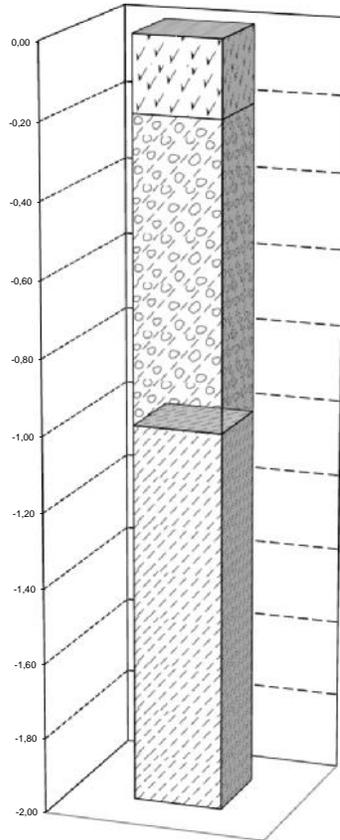
Profundidad (m)	Espesor Estrato (m)	Clasificación USCS estimada	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
0,00	0,20	-	Cobertura vegetal.
0,20	0,80	GM	Relleno de grava arenosa limosa, clastos de cantos redondeados y sub-redondeados, tamaño máximo 3", color café oscuro, compactación media, estructura granular compuesta, graduación estimada 50% de grava, 30% de arena, 20% de finos, humedad saturada, plasticidad baja, presencia de raicillas abundantes, trozos de fundación y enfierradura en hormigón (30cm), sin olor.
1,00	1,00	MH	Relleno de limo arcilloso arenoso, color grisáceo, consistencia media, estructura homogénea, graduación estimada 25% de arena, 75% de finos, humedad alta (en grado de saturación), plasticidad media, sin indicios de materia orgánica con bloques de hormigón, sin olor.
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Nota:

(\*) Ensayo no incluido dentro del alcance de la acreditación INN.

**MONOGRAFÍAS DE CALICATA**

**PROYECTO:** Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
**MANDANTE:** Tandem Ltda.  
**CALICATA N°:** P-3  
**UBICACIÓN UTM:** Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.636m E - 5.590.454 m S



ESTRATIGRAFÍA			
ESTRATO	DE (m)	A (m)	CLASIFICACIÓN
1	0,00	0,20	-
2	0,20	1,00	GM
3	1,00	2,00	MH
4	-	-	-
5	-	-	-

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Perfil estratigráfico según Manual de Carreteras, volumen 2, art. 2.503.2

Informe de Ensayo N° : 2.000  
 Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
 Mandante : Tandem Ltda.  
 Calicata N° : P-4  
 Ubicación (UTM) : Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.647 m E - 5.590.416m S  
 Napa de agua (m) : Se detecta a los 0,40 m.  
 Laborarista : Daniel Torres  
 Condición Meteorológica : Despejado  
 Fecha de inspección : 13-jul

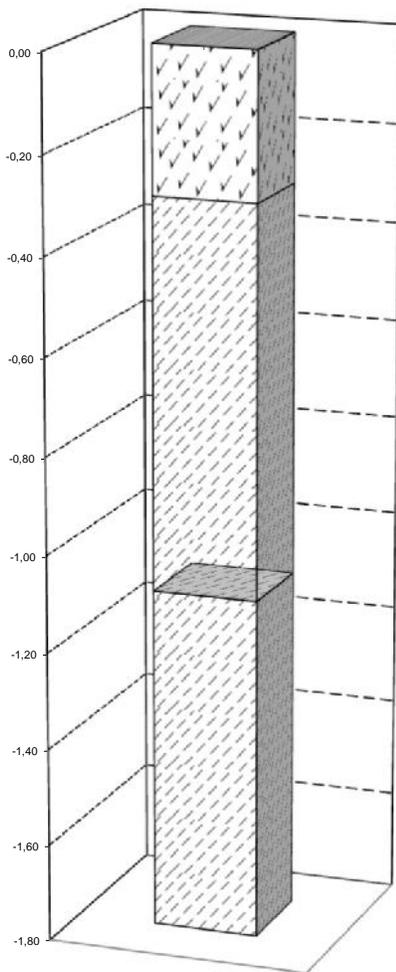
Profundidad (m)	Espesor Estrato (m)	Clasificación USCS estimada	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
0,00	0,30	-	Cobertura vegetal.
0,30	0,80	ML	Limo arenoso con grava aisladas, clastos de cantos redondeados y sub-redondeados, tamaño máximo 3", color café oscuro, consistencia media, estructura homogénea, graduación estimada 15% de grava, 15% de arena, 70% de finos, humedad alta (en grado de saturación), plasticidad media, presencia de raíces y raicillas, sin olor.
1,10	0,70	ML	Limo arcilloso con algo de arena fina, color grisáceo, consistencia media, estructura homogénea, graduación estimada 20% de arena, 80% de finos, humedad alta (en grado de saturación), plasticidad media, sin indicios de materia orgánica, sin olor.
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Nota:

(\*) Ensayo no incluido dentro del alcance de la acreditación INN.

**MONOGRAFIAS DE CALICATA**

**PROYECTO:** Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
**MANDANTE:** Tandem Ltda.  
**CALICATA N°:** P-4  
**UBICACIÓN UTM:** Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.647 m E - 5.590.416m S



<b>ESTRATIGRAFÍA</b>			
<b>ESTRATO</b>	<b>DE (m)</b>	<b>A (m)</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
1	0,00	0,30	-
2	0,30	1,10	ML
3	1,10	1,80	ML
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Perfil estratigráfico según Manual de Carreteras, volumen 2, art. 2.503.2

Informe de Ensayo N° : 2.000  
 Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
 Mandante : Tandem Ltda.  
 Calicata N° : P-5  
 Ubicación (UTM) : Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.670 m E - 5.590.460m S  
 Napa de agua (m) : Se detecta a los 0,30 m.  
 Laboratorista : Daniel Torres  
 Condición Meteorológica : Despejado  
 Fecha de inspección : 13-jul

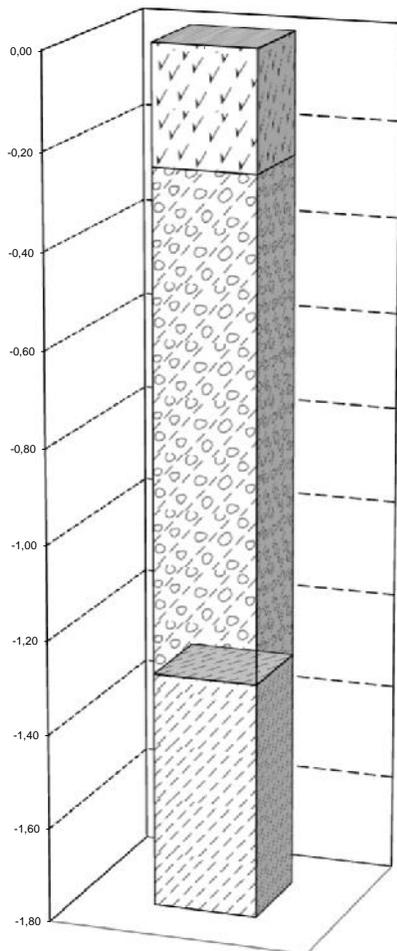
Profundidad (m)	Espesor Estrato (m)	Clasificación USCS estimada	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
0,00	0,25	-	Cobertura vegetal.
0,25	1,05	GM	Grava arenosa limosa, clastos de cantos redondeados y sub-redondeados, tamaño máximo 3", color café oscuro, compacidad media, estructura granular compuesta, graduación estimada 65% de grava, 30% de arena, 15% de finos, humedad alta (en grado de saturación), sin plasticidad, sin indicios de materia orgánica, sin olor.
1,30	0,50	MH	Limo arcilloso arenoso, color grisáceo oscuro, consistencia media, estructura homogénea, graduación estimada 15% de arena, 85% de finos, humedad alta (en grado de saturación), plasticidad media, sin indicios de materia orgánica, sin olor.
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Nota:

(\*) Ensayo no incluido dentro del alcance de la acreditación INN.

**MONOGRAFÍAS DE CALICATA**

**PROYECTO:** Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
**MANDANTE:** Tandem Ltda.  
**CALICATA N°:** P-5  
**UBICACIÓN UTM:** Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.670 m E - 5.590.460m S



<b>ESTRATIGRAFÍA</b>			
<b>ESTRATO</b>	<b>DE (m)</b>	<b>A (m)</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
1	0,00	0,25	-
2	0,25	1,30	GM
3	1,30	1,80	MH
4	-	-	-
5	-	-	-

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Perfil estratigráfico según Manual de Carreteras, volumen 2, art. 2.503.2

Informe de Ensayo N° : 2.000  
 Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
 Mandante : Tandem Ltda.  
 Calicata N° : P-6  
 Ubicación (UTM) : Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.679m E - 5.590.438m S  
 Napa de agua (m) : Se detecta a los 1,40 m.  
 Laboratorista : Daniel Torres  
 Condición Meteorológica : Despejado  
 Fecha de inspección : 13-jul

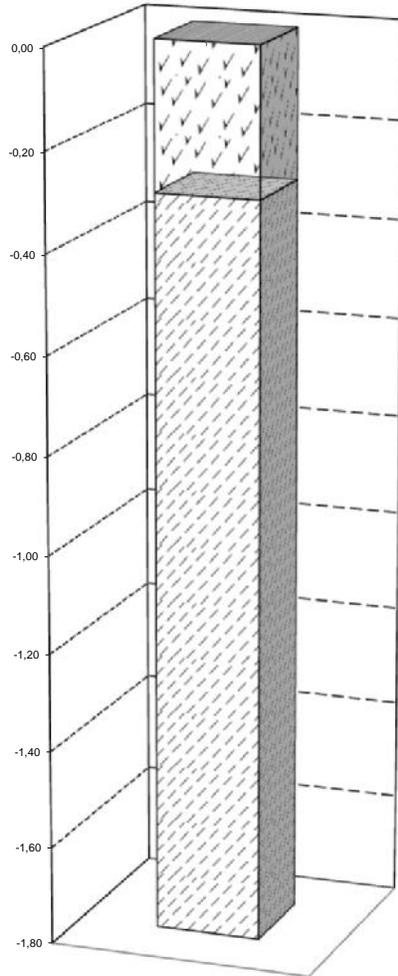
Profundidad (m)	Espesor Estrato (m)	Clasificación USCS estimada	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
0,00	0,30	-	Cobertura vegetal.
0,30	1,50	ML	Limo inorgánico con gravas aisladas, clastos de cantos redondeados y sub-redondeados, tamaño máximo 18", color café oscuro, consistencia media, estructura homogénea, graduación estimada 10% de grava, 5% de arena, 85% de finos, humedad alta (en grado de saturación), plasticidad baja, presencia de raíces y raicillas abundantes, sin olor.
1,80	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Nota:

(\*) Ensayo no incluido dentro del alcance de la acreditación INN.

**MONOGRAFÍAS DE CALICATA**

**PROYECTO:** Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
**MANDANTE:** Tandem Ltda.  
**CALICATA N°:** P-6  
**UBICACIÓN UTM:** Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia  
 Zona 18H: 651.679m E - 5.590.438m S



<b>ESTRATIGRAFÍA</b>			
<b>ESTRATO</b>	<b>DE (m)</b>	<b>A (m)</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
1	0,00	0,30	-
2	0,30	1,80	ML
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

### Ensayo de infiltración método de Porchet

Según Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos, Punto 3.2.2.b.

Informe de Ensayo N° : 2000

Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC

#### A.- Identificación de la Muestra

Calicata N° : P-6  
 Horizonte : 1 y 2  
 Cota (m) : 0,10-0,40  
 Fecha de ensayo : 13-jul

#### B.- Ensayo

Altura de excavación (mm) : 300  
 Radio de excavación (mm) : 150  
 Clasificación USCS del suelo : MH

#### C.- RESULTADOS DEL ENSAYO

Nivel (mm.)	Tiempo (seg.)	Tiempo (horas)	2h+R (mm)	Infiltración (mm/hora)
300	0	0,000	750	0
275	58	0,016	700	321
250	148	0,041	650	222
225	304	0,084	600	139
200	585	0,163	550	84
175	1000	0,278	500	62
150	1577	0,438	450	49
Promedio				146

**INFORME DE ENSAYO OFICIAL**  
Plano ubicación de calicatas

**Informe de Ensayo N°** : 2.000  
**Proyecto u Obra** : Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
**Mandante** : Tandem Ltda.  
**Dirección de la Obra** : Ramón Picarte N°325, Comuna de Valdivia, Región de Los Ríos



## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Informe de Ensayo N° : 2000  
Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC

### A .- IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

	P-1	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5
Calicata N°						
Horizonte	2	3	2	3	3	2
Muestra N°	4717	4718	4719	4720	4721	4779
Cota (m)	0,80	3,50	1,20	1,60	1,50	1,00

### B .- GRANULOMETRIA (Según M.C. Volumen 8, 8.102.1 (dic 2003))

Fecha de ensayo	10-ago	10-ago	10-ago	10-ago	10-ago	10-ago
Tamaños nominales de abertura (mm)	(porcentaje acumulado que pasa)					
80	-	-	-	-	-	100
63	-	-	-	-	-	95
50	-	-	-	-	-	89
40	-	-	-	-	-	84
25	-	-	-	-	-	78
20	-	-	100	-	-	67
10	-	100	99	-	-	57
5	100	95	96	-	100	54
2,0	98	79	82	100	99	38
0,50	87	28	23	98	86	28
0,08	52	9	10	70	58	14
Sobretamaño mayor a 80 mm (%)	-	-	-	-	-	-

### C .- LÍMITES DE CONSISTENCIA , PARTE 1: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, (Según NCh 1517/1 OF.1979)

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA, PARTE 2: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO, (Según NCh 1517/2 OF.1979)

Fecha de ensayo	10-ago	10-ago	10-ago	06-ago	06-ago	10-ago
Tipo de acanalador empleado	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM
Método de ensayo empleado	Mecánico	Mecánico	Mecánico	Mecánico	Mecánico	Mecánico
Límite Líquido (%)	74	No det.	No det.	43	65	No det.
Límite Plástico (%)	59	NP	NP	25	38	NP
Índice de Plasticidad	15	NP	NP	18	27	NP

### D .- STANDARD PRACTICE FOR CLASSIFICATION OF SOILS FOR ENGINEERING PURPOSES (UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM), (Según ASTM D 2487 - 11)(\*)

Símbolo del Grupo U.S.C.S.	MH	SW-SM	SP-SM	CL	MH	GM

### E .- DENSIDAD DE PARTICULAS SOLIDAS, (según NCh 1532.Of1980)

Fecha de ensayo	05-ago	05-ago	05-ago	05-ago	05-ago	10-ago
Densidad de partículas sólidas (g/cm <sup>3</sup> )	2,570	2,210	2,720	2,620	2,500	2,720

### F .- DETERMINACION DE LA HUMEDAD, (según NCh 1515.Of1979)

Fecha de ensayo	10-ago	10-ago	10-ago	10-ago	10-ago	09-ago
Humedad (%)	95,7	36,5	19,0	42,9	64,2	18,0

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Informe de Ensayo N° : 2000  
Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC

### A .- IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Calicata N°	P-5	P-6	-	-	-	-
Horizonte	3	2	-	-	-	-
Muestra N°	4722	4723	-	-	-	-
Cota (m)	1,50	0,90	-	-	-	-

### B .- GRANULOMETRIA (Según M.C. Volumen 8, 8.102.1 (dic 2003))

Fecha de ensayo	10-ago	10-ago	-	-	-	-
Tamaños nominales de abertura (mm)	(porcentaje acumulado que pasa)					
80	-	-	-	-	-	-
63	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-
40	-	100	-	-	-	-
25	-	91	-	-	-	-
20	-	87	-	-	-	-
10	-	77	-	-	-	-
5	100	71	-	-	-	-
2,0	99	65	-	-	-	-
0,50	94	47	-	-	-	-
0,08	66	34	-	-	-	-
Sobretamaño mayor a 80 mm (%)	-	-	-	-	-	-

### C .- LÍMITES DE CONSISTENCIA , PARTE 1: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, (Según NCh 1517 /1 OF.1979)

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA, PARTE 2: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO, (Según NCh 1517 /2 OF.1979)

Fecha de ensayo	06-ago	05-ago	-	-	-	-
Tipo de acanalador empleado	ASTM	ASTM	-	-	-	-
Método de ensayo empleado	Mecánico	Mecánico	-	-	-	-
Límite Líquido (%)	45	No det.	-	-	-	-
Límite Plástico (%)	27	NP	-	-	-	-
Índice de Plasticidad	18	NP	-	-	-	-

### D .- STANDARD PRACTICE FOR CLASSIFICATION OF SOILS FOR ENGINEERING PURPOSES (UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM), (Según ASTM D 2487 - 11)(\*)

Símbolo del Grupo U.S.C.S.	ML	SM	-	-	-	-
----------------------------	----	----	---	---	---	---

### E .- DENSIDAD DE PARTICULAS SOLIDAS, (según NCh 1532.Of1980)

Fecha de ensayo	05-ago	05-ago	-	-	-	-
Densidad de partículas sólidas (g/cm <sup>3</sup> )	2,580	2,610	-	-	-	-

### F .- DETERMINACION DE LA HUMEDAD, (según NCh 1515.Of1979)

Fecha de ensayo	10-ago	10-ago	-	-	-	-
Humedad (%)	42,5	42,3	-	-	-	-

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Informe de Ensayo N° : 2000  
Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC

### A .- IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Calicata N°	P-1	P-3	-	-
Muestra N°	4717	2	-	-
Horizonte N°	2	4778	-	-
Cota (m)	0,80	0,70	-	-

### B .- RELACIONES HUMEDAD/DENSIDAD - PARTE 2: MÉTODOS DE COMPACTACIÓN CON PISÓN DE 4,5 KG Y 460 MM DE CAÍDA.

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO, (Según NCh 1534/2.OF1979)**

Fecha de ensayo	05-ago	05-ago	-	-
Método empleado	B	D	-	-
Material retenido en 20 mm (%)	-	-	-	-
Descarte / reemplazo	-	-	-	-
Densidad Seca Máxima (g/cm <sup>3</sup> )	1,140	2,020	-	-
Humedad óptima (%)	40,0	9,5	-	-

### C .- DETERMINACIÓN DE LA RAZÓN DE SOPORTE DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO C.B.R., (Según NCh 1852 OF.1981.)

Fecha de ensayo	10-ago			10-ago			-	-
Muestra sumergida	SI			SI			-	-
Densidad seca antes de la inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	1,130	1,060	0,980	1,940	1,860	1,740	-	-
Densidad seca después de la inmersión (g/cm <sup>3</sup> )	1,130	1,050	0,960	1,940	1,870	1,720	-	-
Humedad de la muestra:								
- Antes de la compactación (%)	40,1	39,6	39,3	9,1	9,2	9,3	-	-
- Después de la compactación (%)	39,6	39,2	39,1	9,1	9,0	9,0	-	-
- Capa superior de 25 mm post. inmersión (%)	48,7	48,0	54,3	10,8	11,2	11,0	-	-
- Promedio después de la inmersión (%)	45,1	50,1	50,2	11,0	11,1	10,5	-	-
Expansión (%)	0,63	0,50	0,49	0,00	0,00	0,00	-	-
CBR a 0,2" y 95% D.M.C.S. (%)	7,3			38,5			-	-
CBR a 0,2" y al 90% D.M.C.S. (%)	4,8			20,0			-	-
CBR a 0,2" y a Densidad natural (%)	-			-			-	-
Sobrecarga utilizada (kg)	5,0			5,0			-	-

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Informe de Ensayo N° : 2000  
Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC

### A.- DENSIDAD EN TERRENO, MÉTODO DEL CONO DE ARENA, (según NCh 1516.Of1979)

Ubicación	P-1	-	P-3	P-4	-	-	-	-
Frente a km.	-	-	-	-	-	-	-	-
Eje	-	-	-	-	-	-	-	-
Cota (m)	0,80	-	0,70	1,50	-	-	-	-
Espesor efectivo controlado (cm)	15	-	15	15	-	-	-	-
Tipo de material controlado	Limo arcilloso con gravas aisladas	-	Relleno de Grava arenosa limosa	Limo arcilloso fina	-	-	-	-
Nº de folio	4717	-	4778	-	-	-	-	-
Fecha	13-jul	-	13-jul	13-jul	-	-	-	-

### B.- Información referente al ensayo

Densidad húmeda (g/cm3)	1,292	-	2,691	1,002	-	-	-	-
Humedad (%)	95,7	-	52,9	64,2	-	-	-	-
Densidad seca del material (g/cm3)	0,660	-	1,760	0,610	-	-	-	-
D.M.C.S. (g/cm3)	1,140	-	2,020	1,140	-	-	-	-
Compactación referencia a la D.M.C.S. (%)	57,9	-	87,1	53,5	-	-	-	-

### C.- DENSIDAD EN TERRENO, MÉTODO DEL CONO DE ARENA, (según NCh 1516.Of1979)

Ubicación	P-2	-	-	-	-	-	-	-
Frente a km.	-	-	-	-	-	-	-	-
Eje	-	-	-	-	-	-	-	-
Cota (m)	1,20	-	-	-	-	-	-	-
Espesor efectivo controlado (cm)	15	-	-	-	-	-	-	-
Tipo de material controlado	Arena limosa	-	-	-	-	-	-	-
Nº de folio	4719	-	-	-	-	-	-	-
Fecha	13-jul	-	-	-	-	-	-	-

### D.- Información referente al ensayo

Densidad húmeda (g/cm3)	1,654	-	-	-	-	-	-	-
Humedad (%)	19,0	-	-	-	-	-	-	-
Densidad seca del material (g/cm3)	1,390	-	-	-	-	-	-	-
Referencia densidad Máxima	1,560	-	-	-	-	-	-	-
Referencia densidad Mínima	1,100	-	-	-	-	-	-	-
Compactación referido a la densidad relativa	70,8	-	-	-	-	-	-	-

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL

Informe de Ensayo N° : 2000  
Proyecto u Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC

### A .- IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Calicata N°	P-1	P-2	-	-	-	-	-	-
Horizonte	3	2	-	-	-	-	-	-
Muestra N°	4718	4719	-	-	-	-	-	-
Cota (m)	3,50	1,20	-	-	-	-	-	-

### B .- LÍMITES DE CONSISTENCIA, PARTE 3: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE CONTRACCIÓN, (Según NCh 1517 /3 OF.79)(\*)

Fecha de ensayo	-	-	-	-	-	-	-	-
Límite de contracción (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Relación de contracción (g/cm <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-

### C .- HINCHAMIENTO LIBRE (según ASTM D 4829 - 03)(\*)

Fecha de ensayo	-	-	-	-	-	-	-	-
Humedad natural (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hinchamiento libre (%)	-	-	-	-	-	-	-	-

### D .- PRESIÓN DE HINCHAMIENTO (según ASTM D 4546 - 03)(\*)

Fecha de ensayo	-	-	-	-	-	-	-	-
Humedad natural (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Presión de hinchamiento (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-

### E .- HINCHAMIENTO LIBRE COLAPSADO (según ASTM D 4546 - 03) (\*)

Fecha de ensayo	-	-	-	-	-	-	-	-
Humedad natural (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Deformación final c/ 4 kg/cm <sup>2</sup> , sin saturar (1) (%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Deformación final c/ 4 kg/cm <sup>2</sup> , saturado (2) (%)	-	-	-	-	-	-	-	-

### F .- DENSIDAD NATURAL SECA, (según AASHTO T-233/00) (\*)

Fecha de ensayo	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidad natural seca (g/cm <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-
D.M.C.S.	-	-	-	-	-	-	-	-
Compactación referencia a la D.M.C.S. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-

### G .- DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA (Según ASTM D4253- ASTM D4255/2016)

Fecha de ensayo	09-ago	10-ago	-	-	-	-	-	-
Vía	Húmeda	Húmeda	-	-	-	-	-	-
Método	2B	2B	-	-	-	-	-	-
Determinación densidad Máxima	1,600	1,560	-	-	-	-	-	-
Método	A	A	-	-	-	-	-	-
Determinación densidad Mínima	1,180	1,100	-	-	-	-	-	-

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

Método de ensayo para resistencia a la Compresión No Confinada de suelo cohesivo ASTM D 2166 / D 2166M – 16

Informe de Ensayo Nº : 2.000  
Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
Mandante : Tandem Ltda.

**1.- Identificación de la muestra**

Calicata Nº	: P-1
Muestra Nº	: 4717
Horizonte Nº	: 2
Cotas (m)	: 0,80

**2.- Antecedentes de la muestra**

Descripción visual de la muestra	: Limo arcilloso
Clasificación según USCS	: MH
Tipo de muestra	: Inalterada
Preparación de la muestra	: Tallada / Compactada

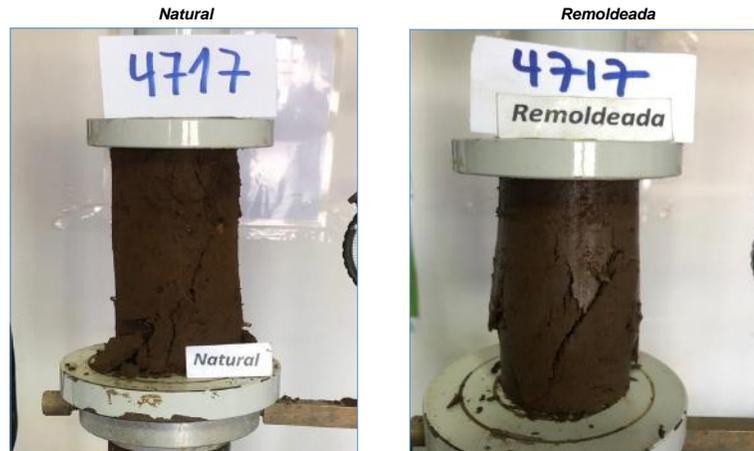
**3.- Tabla de datos de deformación unitaria y esfuerzo a la compresión**

Deformación Axial Natural (%)	Esfuerzo de Compresión Natural (kPa)	Deformación Axial Remoldeado (%)	Esfuerzo de Compresión Remoldeado (kPa)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	7,86	0,25	5,11
0,49	14,70	0,50	9,18
0,74	20,53	0,75	13,22
0,98	28,77	1,00	17,75
1,23	36,48	1,25	21,76
1,47	41,25	1,50	27,25
1,72	46,47	1,75	31,71
1,96	49,73	2,00	37,16
2,45	46,12	2,50	47,96
2,94	45,41	3,00	57,65
3,92	46,37	4,00	62,96
4,90	23,89	5,00	30,67
5,88	21,78	6,00	17,82
6,86	-	7,00	-
7,84	-	8,00	-
8,82	-	9,00	-
9,80	-	10,00	-
10,78	-	11,00	-
11,76	-	12,00	-
12,75	-	13,00	-
13,73	-	14,00	-
14,71	-	15,00	-
15,69	-	16,00	-
16,67	-	17,00	-
17,65	-	18,00	-
18,63	-	19,00	-
19,61	-	20,00	-
Máx. Esfuerzo de Compresión Probeta Natural (Kpa)	49,73	Máx. Esfuerzo de Compresión Probeta Remoldeada (Kpa)	62,96

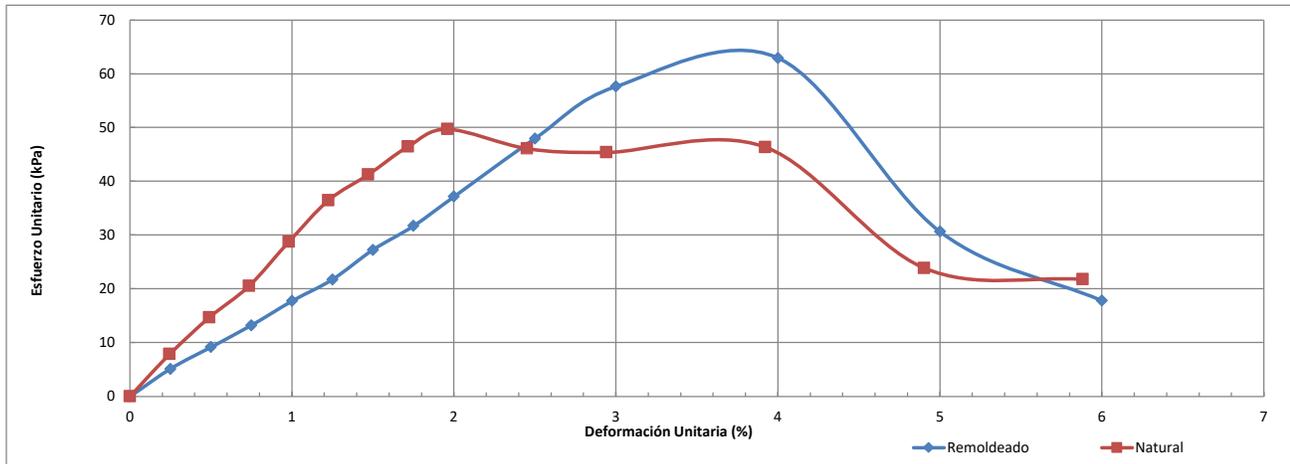
**4.- Tabla de resultados del ensayo**

Resultados del ensayo	Probeta	
	Natural	Remoldeada
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	0,663	0,658
Humedad (posterior a ensayo) (%)	92,9	93,0
Resistencia de la compresión no confinada (qu) (kPa)	49,73	62,96
Resistencia al corte (qu / 2) (kPa)	24,87	31,48
Altura promedio de la muestra (mm)	102,0	100,0
Diámetro promedio de la muestra (mm)	51,0	50,0
Relación altura / diámetro	2,00	2,00
Velocidad de deformación promedio (%/min)	1,20	1,20
Deformación en la falla (%)	1,96	4,00
Gravedad específica	2,57	2,57
Grado de Saturación (%)	83,0	82,3
Razón de Vacíos	2,88	2,91
Sensitividad	0,79	

**5.- Fotografía de la falla**



**6.- Gráfico deformación - Esfuerzo**



El informe de ensayo no debe ser reproducido excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio.

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

Método de ensayo para resistencia a la Compresión No Confinada de suelo cohesivo ASTM D 2166 / D 2166M – 16

Informe de Ensayo Nº : 2.000  
Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
Mandante : Tandem Ltda.

**1.- Identificación de la muestra**

Calicata Nº	: P-4
Muestra Nº	: 4721
Horizonte Nº	: 3
Cotas (m)	: 1,50

**2.- Antecedentes de la muestra**

Descripción visual de la muestra	: Limo arcilloso
Clasificación según USCS	: MH
Tipo de muestra	: Inalterada
Preparación de la muestra	: Tallada / Compactada

**3.- Tabla de datos de deformación unitaria y esfuerzo a la compresión**

Deformación Axial Natural (%)	Esfuerzo de Compresión Natural (kPa)	Deformación Axial Remoldeado (%)	Esfuerzo de Compresión Remoldeado (kPa)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,23	0,47	0,25	1,53
0,45	0,94	0,50	2,04
0,68	1,41	0,75	2,54
0,91	1,41	1,00	3,04
1,14	1,87	1,25	3,04
1,36	2,34	1,50	3,53
1,59	2,33	1,75	4,03
1,82	2,79	2,00	4,02
2,27	3,24	2,50	5,00
2,73	4,15	3,00	5,47
3,64	5,02	4,00	6,89
4,55	6,78	5,00	8,27
5,45	8,06	6,00	9,15
6,36	10,20	7,00	10,48
7,27	11,42	8,00	11,31
8,18	13,48	9,00	12,12
9,09	14,64	10,00	13,37
10,00	15,35	11,00	14,14
10,91	16,46	12,00	14,88
11,82	18,38	13,00	15,60
12,73	18,60	14,00	16,30
13,64	18,82	15,00	16,55
14,55	19,03	16,00	16,79
15,45	19,62	17,00	17,01
16,36	19,81	18,00	17,65
17,27	19,99	19,00	18,26
18,18	19,77	20,00	18,45
Máx. Esfuerzo de Compresión Probeta Natural (Kpa)	19,99	Máx. Esfuerzo de Compresión Probeta Remoldeada (Kpa)	18,45

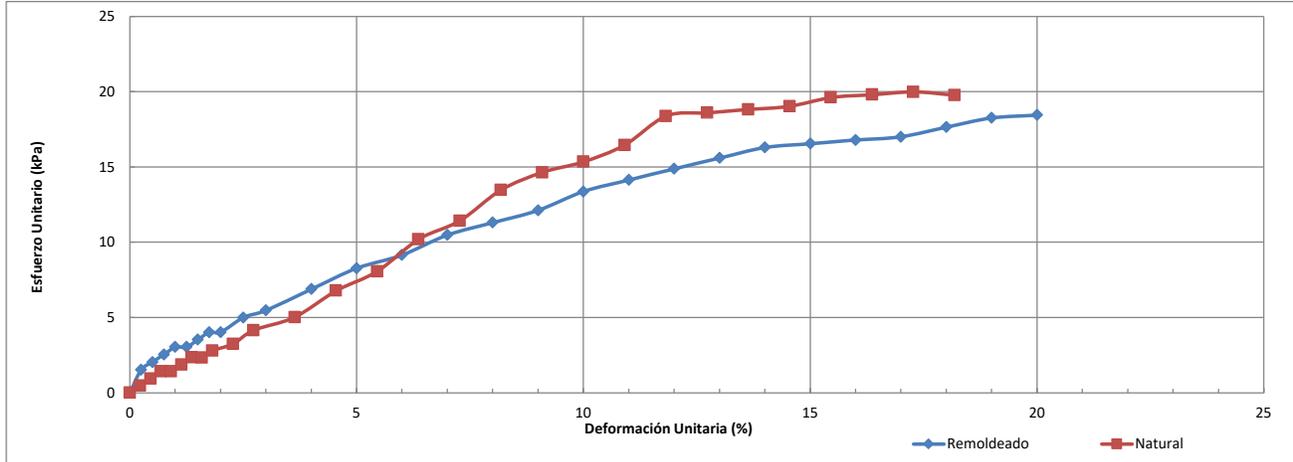
**4.- Tabla de resultados del ensayo**

Resultados del ensayo	Probeta	
	Natural	Remoldeada
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,009	1,013
Humedad (posterior a ensayo) (%)	55,9	59,1
Resistencia de la compresión no confinada (qu) (kPa)	19,99	18,45
Resistencia al corte (qu / 2) (kPa)	10,00	9,23
Altura promedio de la muestra (mm)	110,0	100,0
Diámetro promedio de la muestra (mm)	52,0	50,0
Relación altura / diámetro	2,12	2,00
Velocidad de deformación promedio (%/min)	1,20	1,20
Deformación en la falla (%)	17,27	20,00
Gravedad específica	2,50	2,50
Grado de Saturación (%)	94,5	100,7
Razón de Vacíos	1,48	1,47
Sensitividad	1,08	

**5.- Fotografía de la falla**



**6.- Grafico deformación - Esfuerzo**



El informe de ensayo no debe ser reproducido excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio.

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

Método de ensayo para resistencia a la Compresión No Confinada de suelo cohesivo ASTM D 2166 / D 2166M – 16

Informe de Ensayo Nº : 2.000  
Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
Mandante : Tandem Ltda.

**1.- Identificación de la muestra**

Calicata Nº	: P-5
Muestra Nº	: 4722
Horizonte Nº	: 3
Cotas (m)	: 1,50

**2.- Antecedentes de la muestra**

Descripción visual de la muestra	: Limo arcilloso
Clasificación según USCS	: ML
Tipo de muestra	: Inalterada
Preparación de la muestra	: Tallada / Compactada

**3.- Tabla de datos de deformación unitaria y esfuerzo a la compresión**

Deformación Axial Natural (%)	Esfuerzo de Compresión Natural (kPa)	Deformación Axial Remoldeado (%)	Esfuerzo de Compresión Remoldeado (kPa)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,23	0,91	0,25	1,53
0,45	1,36	0,50	2,04
0,68	1,36	0,75	2,54
0,91	1,81	1,00	2,54
1,14	2,25	1,25	3,04
1,36	2,25	1,50	3,53
1,59	2,69	1,75	4,03
1,82	2,69	2,00	4,02
2,27	3,57	2,50	5,00
2,73	3,99	3,00	5,47
3,64	5,27	4,00	6,89
4,55	6,96	5,00	7,79
5,45	8,19	6,00	9,15
6,36	9,39	7,00	10,01
7,27	10,57	8,00	10,37
8,18	12,14	9,00	11,19
9,09	13,27	10,00	11,99
10,00	13,95	11,00	12,31
10,91	15,44	12,00	12,62
11,82	16,89	13,00	12,93
12,73	17,11	14,00	13,66
13,64	17,33	15,00	13,94
14,55	17,93	16,00	14,20
15,45	18,51	17,00	14,46
16,36	19,07	18,00	14,71
17,27	19,62	19,00	14,53
18,18	19,40	20,00	14,76
Máx. Esfuerzo de Compresión Probeta Natural (Kpa)	19,62	Máx. Esfuerzo de Compresión Probeta Remoldeada (Kpa)	14,76

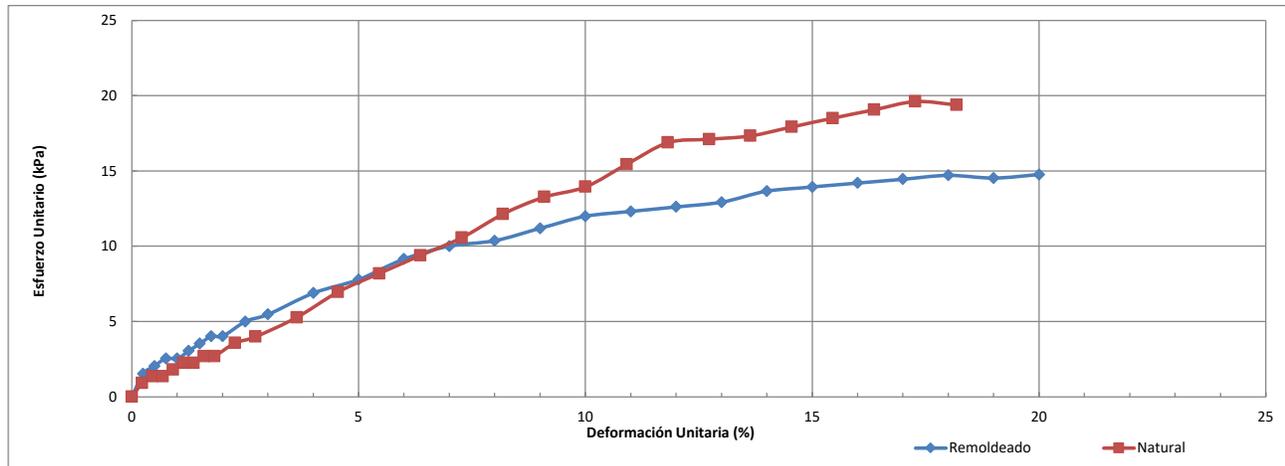
**4.- Tabla de resultados del ensayo**

Resultados del ensayo	Probeta	
	Natural	Remoldeada
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,074	0,973
Humedad (posterior a ensayo) (%)	54,4	51,4
Resistencia de la compresión no confinada (qu) (kPa)	19,62	14,76
Resistencia al corte (qu / 2) (kPa)	9,81	7,38
Altura promedio de la muestra (mm)	110,0	100,0
Diámetro promedio de la muestra (mm)	53,0	50,0
Relación altura / diámetro	2,08	2,00
Velocidad de deformación promedio (%/min)	1,20	1,20
Deformación en la falla (%)	17,27	20,00
Gravedad específica	2,58	2,58
Grado de Saturación (%)	100,1	80,3
Razón de Vacíos	1,40	1,65
Sensitividad	1,33	

**5.- Fotografía de la falla**



**6.- Grafico deformación - Esfuerzo**



El informe de ensayo no debe ser reproducido excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio.

**ENSAYOS DE LABORATORIO**

Método de ensayo para resistencia a la Compresión No Confinada de suelo cohesivo ASTM D 2166 / D 2166M – 16

Informe de Ensayo Nº : 2.000  
Obra : Estudios base y cabida Valdivia SNPC  
Mandante : Tandem Ltda.

**1.- Identificación de la muestra**

Calicata Nº	: P-6
Muestra Nº	: 4723
Horizonte Nº	: 2
Cotas (m)	: 0,90

**2.- Antecedentes de la muestra**

Descripción visual de la muestra	: Arena limosa cementada
Clasificación según USCS	: SM
Tipo de muestra	: Inalterada
Preparación de la muestra	: Tallada / Compactada

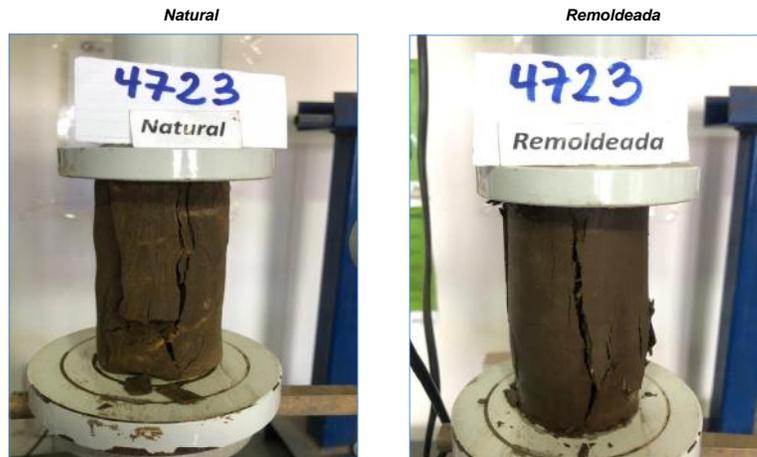
**3.- Tabla de datos de deformación unitaria y esfuerzo a la compresión**

Deformación Axial Natural (%)	Esfuerzo de Compresión Natural (kPa)	Deformación Axial Remoldeado (%)	Esfuerzo de Compresión Remoldeado (kPa)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,26	482,22	0,25	30,67
0,52	1138,38	0,50	71,37
0,78	1298,23	0,75	127,13
1,04	1289,41	1,00	197,83
1,30	1318,41	1,25	298,52
1,56	1218,00	1,50	398,70
1,82	1134,22	1,75	482,26
2,08	879,55	2,00	481,03
2,60	-	2,50	149,87
3,13	-	3,00	79,52
4,17	-	4,00	-
5,21	-	5,00	-
6,25	-	6,00	-
7,29	-	7,00	-
8,33	-	8,00	-
9,38	-	9,00	-
10,42	-	10,00	-
11,46	-	11,00	-
12,50	-	12,00	-
13,54	-	13,00	-
14,58	-	14,00	-
15,63	-	15,00	-
16,67	-	16,00	-
17,71	-	17,00	-
18,75	-	18,00	-
19,79	-	19,00	-
20,83	-	20,00	-
Máx. Esfuerzo de Compresión Probeta Natural (Kpa)	1318,41	Máx. Esfuerzo de Compresión Probeta Remoldeada (Kpa)	482,26

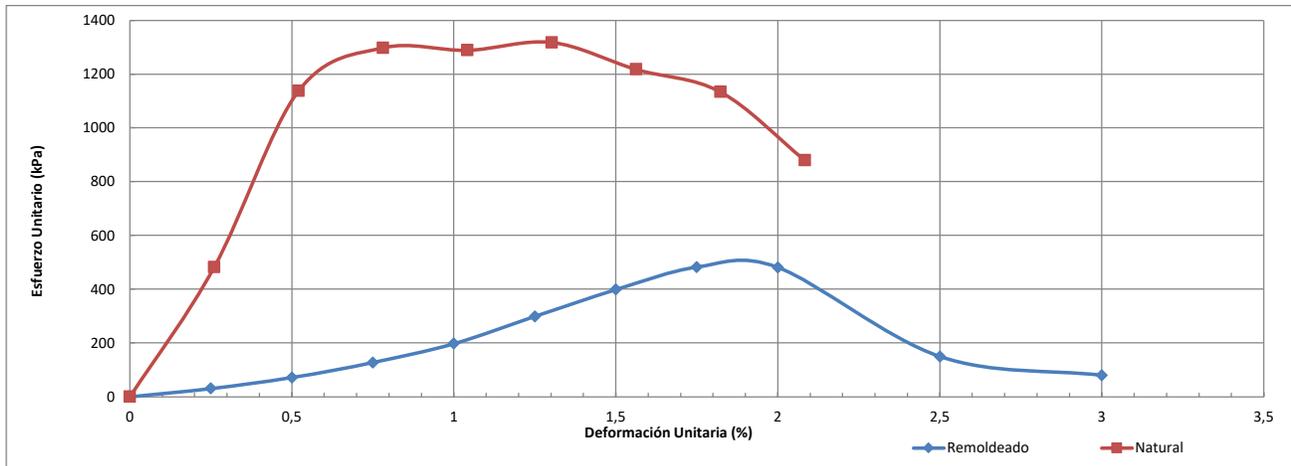
**4.- Tabla de resultados del ensayo**

Resultados del ensayo	Probeta	
	Natural	Remoldeada
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1,214	1,221
Humedad (posterior a ensayo) (%)	42,6	39,6
Resistencia de la compresión no confinada (qu) (kPa)	1318,41	482,26
Resistencia al corte (qu / 2) (kPa)	659,21	241,13
Altura promedio de la muestra (mm)	96,0	100,0
Diámetro promedio de la muestra (mm)	48,0	50,0
Relación altura / diámetro	2,00	2,00
Velocidad de deformación promedio (%/min)	1,20	1,20
Deformación en la falla (%)	1,30	1,75
Gravedad específica	2,61	2,61
Grado de Saturación (%)	96,7	90,9
Razón de Vacíos	1,15	1,14
Sensitividad	2,73	

**5.- Fotografía de la falla**



**5.- Grafico deformación - Esfuerzo**



El informe de ensayo no debe ser reproducido excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio.